

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Live working – Phase comparators –
Part 2: Resistive type to be used for voltages from 1 kV to 36 kV a.c.**

**Travaux sous tension – Compérateurs de phase –
Partie 2: Type résistif pour usage sur des tensions alternatives de 1 kV à 36 kV**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2014 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 55 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 55 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Live working – Phase comparators –

Part 2: Resistive type to be used for voltages from 1 kV to 36 kV a.c.

Travaux sous tension – Compérateurs de phase –

Partie 2: Type résistif pour usage sur des tensions alternatives de 1 kV à 36 kV

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XC

ICS 13.260; 29.240.20; 29.260.99

ISBN 978-2-8322-1878-5

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.

Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

CONTENTS

FOREWORD.....	6
INTRODUCTION.....	8
1 Scope.....	9
2 Normative references	9
3 Terms and definitions	10
4 Requirements	14
4.1 Indication	14
4.2 Functional requirements.....	14
4.2.1 Clear indication	14
4.2.2 Clear perceptibility.....	16
4.2.3 Temperature and humidity dependence of the indication.....	16
4.2.4 Frequency dependence	16
4.2.5 Response time.....	17
4.2.6 Power source dependability	17
4.2.7 Testing element.....	17
4.2.8 Time rating	17
4.3 Electrical requirements	17
4.3.1 Insulating material	17
4.3.2 Protection against bridging	17
4.3.3 Resistance against sparking	17
4.3.4 Resistive element	18
4.3.5 Insulating element of phase comparator as a complete device.....	18
4.3.6 Circuit current.....	18
4.3.7 Indicator casing	18
4.3.8 Insulation of the connecting lead	18
4.4 Mechanical requirements	18
4.4.1 General	18
4.4.2 Design	18
4.4.3 Dimensions, construction.....	20
4.4.4 Grip force and deflection	21
4.4.5 Vibration resistance	22
4.4.6 Drop resistance	22
4.4.7 Shock resistance	22
4.5 Marking.....	22
4.6 Instructions for use	22
4.7 Requirements in the case of reasonably foreseeable misuse during live working.....	23
4.7.1 Voltage selection	23
4.7.2 Frequency selection	23
5 Tests	23
5.1 General.....	23
5.1.1 Testing provisions	23
5.1.2 Atmospheric conditions.....	23
5.1.3 Tests under wet conditions	23
5.1.4 Type test	24
5.1.5 Test methods.....	25

5.2	Function tests	25
5.2.1	Description of the test set-up and general pass criteria.....	25
5.2.2	Clear indication	31
5.2.3	Electromagnetic compatibility (EMC)	33
5.2.4	Influence of electric interference fields.....	33
5.2.5	Clear perceptibility.....	36
5.2.6	Frequency dependence	40
5.2.7	Response time.....	40
5.2.8	Power source dependability.....	40
5.2.9	Check of testing element	41
5.2.10	Time rating	41
5.3	Dielectric tests	42
5.3.1	Insulating material for tubes and rods	42
5.3.2	Protection against bridging for indoor/outdoor type phase comparator	42
5.3.3	Protection against bridging for outdoor type phase comparator	47
5.3.4	Spark resistance.....	48
5.3.5	Leakage current for phase comparator as a complete device	49
5.3.6	Dielectric strength of connecting lead	52
5.3.7	Maximum current in case of misuse	53
5.4	Mechanical tests	53
5.4.1	Visual and dimensional inspection	53
5.4.2	Grip force and deflection for phase comparator as a complete device	54
5.4.3	Robustness of connecting lead and connections	54
5.4.4	Vibration resistance	56
5.4.5	Drop resistance	56
5.4.6	Shock resistance	57
5.4.7	Climatic resistance	58
5.4.8	Durability of markings	59
5.5	Test for reasonably foreseeable misuse during live working	59
5.5.1	Voltage selection (where relevant)	59
5.5.2	Frequency selection (where relevant)	59
6	Conformity assessment of phase comparators having completed the production phase	60
7	Modifications	60
	Annex A (normative) Instructions for use	61
	Annex B (normative) Suitable for live working; double triangle (IEC 60417 – 5216 (2002-10)).....	63
	Annex C (normative) Chronology of type tests	64
	Annex D (normative) Classification of defects and tests to be allocated	66
	Annex E (informative) Information and guidelines on the use of the limit mark and of a contact electrode extension	68
	E.1 General.....	68
	E.2 Situation when using a phase comparator as a complete device	68
	E.3 Situation when using a phase comparator as a separate device.....	71
	Annex F (informative) Rationale for the classification of defects.....	74
	Annex G (informative) In-service care	76
	Bibliography.....	77

Figure 1 – Illustration of different elements of a phase comparator	20
Figure 2 – Location of allowed conductive parts within the minimum length of the insulating element of a pole of a phase comparator as a complete device.....	21
Figure 3 – Test set-up for clear indication with the ball electrode in front of its ring electrode	27
Figure 4 – Test set-up for clear indication with the ball electrode behind its ring electrode	28
Figure 5 – Example of positioning of a pole of the phase comparator in relation to a ball and ring test arrangement	30
Figure 6 – Examples of suitable means for ensuring appropriate contact between a contact electrode and the ball electrode.....	30
Figure 7 – Test set-up for clear perceptibility of visual indication	37
Figure 8 – Test set-up for clear perceptibility of audible indication	39
Figure 9 – Test arrangements and dimensions of the bars for protection against bridging	43
Figure 10 – Electrical connection of the bars	44
Figure 11 – Surface stress test	44
Figure 12 – Radial and surface stress test	45
Figure 13 – Bridging test on the connecting lead.....	46
Figure 14 – Test arrangement for testing bridging protection of outdoor type phase comparator	48
Figure 15 – Arrangement for leakage current test under dry conditions for phase comparator as a complete device.....	50
Figure 16 – Arrangement for leakage current tests under wet conditions for phase comparator as a complete device.....	51
Figure 17 – Test set up for pressure load application	52
Figure 18 – Test for grip force.....	54
Figure 19 – Test set-up for the robustness of connecting lead and connections	55
Figure 20 – Drop resistance test – Diagonal position	57
Figure 21 – Curve of test cycle for climatic resistance.....	58
Figure E.1 – Insulation element of a pole of a phase comparator as a complete device	68
Figure E.2 – Example of positioning of a pole of a phase comparator in contact with a live part without obstacles from other live parts.....	69
Figure E.3 – Example of incorrect positioning of a pole of a phase comparator with the limit mark between two live parts	70
Figure E.4 – Usual ways of managing the selection or the use of the phase comparator for maintaining the insulation distance between the limit mark and the hand guard	71
Figure E.5 – Usual ways of managing the use of the phase comparator as a separate device for assuring the appropriate insulation for the worker.....	73
Table 1 – Climatic condition ranges	16
Table 2 – Minimum length of the insulating element (L_i) of a phase comparator as a complete device.....	20
Table 3 – Dimensioning of the ball and ring test set-up	29
Table 4 – Test series and conditions for clear indication	32
Table 5 – Test series and conditions for influence of electric interference fields.....	35
Table 6 – Distance d_1 for the bridging test set-up	43

Table 7 – Dimensions for the concentric rings and band electrodes	47
Table C.1 – Sequential order for performing type tests ^a	64
Table C.2 – Type tests out of sequence	65
Table D.1 – Classification of defects and associated requirements and tests	66
Table E.1 – Recommended minimum lengths from the limit mark to the contact electrode (A _i)	71
Table F.1 – Rationale for the classification of defects	74
Table G.1 – In-service testing	76

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**LIVE WORKING –
PHASE COMPARATORS –**
Part 2: Resistive type to be used for voltages from 1 kV to 36 kV a.c.**FOREWORD**

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61481-2 has been prepared by IEC technical committee 78: Live working.

This first edition, together with the first edition of IEC 61481-1, cancels and replaces the first edition of IEC 61481 published in 2001, Amendment 1:2002 and Amendment 2:2004. This edition constitutes a technical revision.

The major changes are:

- split of the standard in two parts;
- review of the requirements for indication;
- elimination of class C ($\pm 110^\circ$);
- introduction of a requirement for a new marking "LU" for limited use;
- increase of the specified range of voltage fluctuation in a network for clear indication;

- clarification of the design requirements by specifying a resistive element in each pole of the device;
- clarification of the test procedures in the case of additional contact electrodes, accessories and combination of accessories, as well as in the case of family of phase comparators;
- addition of requirements and tests for electromagnetic compatibility (EMC);
- clarification of the test provisions for the function tests;
- clarification of the test procedure for clear perceptibility of audible indication;
- preparation of the elements of evaluation of defects, and general application of IEC 61318:2007;
- revision of existing annexes;
- change of existing normative Annex C in two new Annexes D and F giving the classification of defects (normative) and the rationale for the classification of defects (informative);
- deletion of existing Annex D, not needed anymore following the specification of IEC 60068-2-75;
- deletion of existing Annex F, not applicable according to IEC 61318:2007;
- addition of a new informative Annex E giving additional information on the use of the limit mark and of a contact electrode extension.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
78/1052/FDIS	78/1088/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

In this standard terms defined in Clause 3 appear in *italics*.

A list of all parts of the IEC 61481 series, published under the general title *Live working – Phase comparators*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

This International Standard has been prepared in accordance with the requirements of IEC 61477.

Taking into consideration the functioning principle of portable *phase comparators of resistive type* available on the market, the associated maximum a.c. *nominal voltage* is 36 kV.

The rationale for this maximum *nominal voltage* is:

- design of the *phase comparator* for operation by one person (see 4.4.2) – ergonomic consideration.
With higher *nominal voltages*, the distance between phases of the installation increases and the positioning of the two poles of the *phase comparator* by one person becomes a limitation;
- correct performance of each component (including the connecting lead) under normal working conditions – performance consideration;
- possible contact of the connecting lead between the two poles of the *phase comparator* with a part of the installation at a phase or earth potential under normal working conditions.

The product covered by this standard may have an impact on the environment during some or all stages of its life cycle. These impacts can range from slight to significant, be short-term or long-term, and occur at the global, regional or local level.

In terms of environmental improvement, this standard includes neither requirements nor test provisions for the manufacturers of the product nor recommendations to the users of the product. However, all parties intervening in its design, manufacture, packaging, distribution, use, maintenance, repair, reuse, recovery and disposal are invited to take account of environmental considerations.

LIVE WORKING – PHASE COMPARATORS –

Part 2: Resistive type to be used for voltages from 1 kV to 36 kV a.c.

1 Scope

This part of IEC 61481 is applicable to portable *phase comparators* of resistive type to be used on electrical systems for voltages from 1 kV a.c. to 36 kV a.c. and frequencies of 50 Hz and/or 60 Hz.

This standard is applicable to *phase comparators of resistive type* used in contact with the bare conductive parts to be compared:

- as a complete device including its *insulating element* or
- as a separate device, adaptable to an *insulating stick* which, as a separate tool, is not covered by this standard.

NOTE Some parts such as the *contact electrode* or the *insulating element* of a *phase comparator* as a complete device may be dismantled.

Some restrictions on their use are applicable in the case of factory-assembled switchgear and on overhead systems of electrified railways (see Annex A).

A device that is designed to provide other functions than phase comparison is a different device and is not covered by this standard. For example a device designed to be also used as a voltage detector is not covered by this standard (see Annex A).

Products designed and manufactured according to this standard contribute to the safety of the users provided they are used by persons trained for the work, in accordance with the hot stick working method and the instructions for use.

Except when otherwise specified, all the voltages defined in this standard refer to phase-to-phase voltages of three-phase systems. In other systems, the applicable phase-to-phase or phase-to-earth (ground) voltages should be used to determine the operating voltage.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

CISPR 11, *Industrial, scientific and medical equipment – Radio-frequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

IEC 60060-1:2010, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60068-1, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 60068-2-6, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-14, *Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature*

IEC 60068-2-31, *Environmental testing – Part 2-31: Tests – Test Ec: Rough handling shocks, primarily for equipment-type specimens*

IEC 60068-2-75, *Environmental testing – Part 2-75: Tests – Test Eh: Hammer tests*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment*. Available from: <http://www.graphical-symbols.info/equipment>

IEC 60942, *Electroacoustics – Sound calibrators*

IEC 61000-4-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test*

IEC 61000-4-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

IEC 61000-4-8, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-8: Testing and measurement techniques – Power frequency magnetic field immunity test*

IEC 61260, *Electroacoustics – Octave-band and fractional-octave-band filters*

IEC 61318, *Live working – Conformity assessment applicable to tools, devices and equipment*

IEC 61326-1, *Electrical equipment for measurement, control and laboratory use – EMC requirements – Part 1: General requirements*

IEC 61477, *Live working – Minimum requirements for the utilization of tools, devices and equipment*

IEC 61672-1, *Electroacoustics – Sound level meters – Part 1: Specifications*

ISO 3744:2010, *Acoustics – Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Engineering methods for an essentially free-field over a reflecting plane*

CIE 15, *Colorimetry*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 61318 as well as the following apply.

3.1

accessory

supplementary item not necessary for the functioning of the *phase comparator* and provided by the manufacturer to facilitate its use under certain operating conditions

Note 1 to entry: An *accessory* is not considered as a part of a device. Without the *accessory*, the device is still functional. An item that is required each time a device is used is not an *accessory* but a part of the device which may be disassembled.

Note 2 to entry: For example an *accessory* is used to lengthen the handle, to improve the efficiency of the *contact electrode*, to enable the *contact electrode* to reach the parts to be compared, etc.

3.2

active signal

visual phenomenon, and optionally audible phenomenon, whose presence, absence or variation is considered as representing information on the condition “correct phase relationship” or “incorrect phase relationship”

Note 1 to entry: A signal indicating that the *phase comparator* is ready to operate is not considered as an *active signal*.

[SOURCE: IEC 60050-101:1998, 101-12-02, modified – the definition of “signal” has been modified to fit the specific context of diagnostic of phase relationship and Note 1 to entry has been added.]

3.3

adaptor

part of a *phase comparator* as a separate device which permits attachment of an *insulating stick*

3.4

clear indication

unambiguous detection and indication of “incorrect phase relationship” and/or “correct phase relationship” between the parts to be compared

3.5

clear perceptibility

case when the indication is unmistakably discernible by the user under specific environmental conditions when the *phase comparator* is in its operating position

3.6

connecting lead

flexible cable electrically connecting the two poles of a *phase comparator of resistive type*

3.7

contact electrode

bare conductive part of the *phase comparator* which establishes the electric connection to the part to be compared

3.8

contact electrode extension

externally insulated conductive part to enable the *contact electrode* to reach the parts of the installation to be compared

Note 1 to entry: For a certain installation configuration, the *contact electrode extension* is used to increase the *insertion depth* (see Figure 1).

Note 2 to entry: The *contact electrode extension* is an accessory of the *phase comparator*.

3.9

end fittings

part of an *insulating stick* permanently fitted to the end of an insulating tube or rod

3.10

family of phase comparators

for testing purposes, a group of *phase comparators*, delimited by a minimum and a maximum *rated voltage* and/or by the two frequencies (50 Hz and 60 Hz), that are identical in design (including dimensions) and only differ by their *nominal voltages* or *nominal voltage ranges* and/or their nominal frequency

3.11

hand guard

distinctive physical guard separating the handle of a *phase comparator* as a complete device from its *insulating element*

Note 1 to entry: The purpose of a *hand guard* is to prevent the hands from slipping and passing into contact with the *insulating element*.

3.12

indicator

part of the *phase comparator* that indicates the status of the phase relationship between two parts to be compared

3.13

indoor type

phase comparator designed for use in dry conditions, normally indoors

3.14

insertion depth

A_i

distance between the *limit mark* and the top of the *contact electrode* for a *phase comparator* as a complete device

3.15

insulating element

part of a *phase comparator* as a complete device that provides adequate safety distance and insulation to the user

3.16

insulating stick

insulating tool made essentially of an insulating tube and/or rod with *end fittings*

Note 1 to entry: For phase comparison, an *insulating stick* is intended to be attached to a *phase comparator* as a separate device in order to provide the length to reach the installation to be tested and adequate safety distance and insulation to the user.

[SOURCE: IEC 60050-651:2014, 651-22-01, modified – the Note 1 to entry has been added.]

3.17

interference field

superposed electric field which may affect the indication

Note 1 to entry: The *interference field* may result from the parts to be compared or other adjacent parts, and may have any phase relationship.

Note 2 to entry: The extreme cases for the tests are:

- an in-phase *interference field*. This occurs as a result of the dimensions and/or configuration of the parts of the installation to be compared or of adjacent parts of the installation having voltages in the same phase as the parts to be compared;
- an *interference field* in phase opposition. This occurs as a result of the adjacent parts of the installation having voltages in phase opposition to the parts to be compared.

3.18

limit mark

distinctive location or mark to indicate to the user the physical limit to which the *phase comparator* may be inserted between live parts or may touch them

3.19**maintenance test**

test carried out periodically on a device or equipment to ascertain and, if necessary, make certain adjustments to ensure that its performance remains within specified limits

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-25, modified – the definition has been modified to fit the specific context of maintenance of device or equipment.]

3.20**nominal voltage** U_n

suitable approximate value of voltage used to identify a system or device

Note 1 to entry: The *nominal voltage* of the *phase comparator* is a parameter associated with its *clear indication*. When a *phase comparator* has more than one *nominal voltage*, or a *nominal voltage* range the limit values of the *nominal voltage* range are named $U_{n\ min}$ and $U_{n\ max}$.

[SOURCE: IEC 600500-601:1985, 601-01-21, modified – the definition has been modified to fit the specific context of device or equipment and Note 1 to entry has been added.]

3.21**outdoor type**

phase comparator designed for use in wet conditions, either indoors or outdoors

3.22**phase comparator**

portable device used to provide clear evidence of the presence or the absence of the correct phase relationship between two energized parts at the same *nominal voltage* and frequency

[SOURCE: IEC 60050-651:2014, 651-24-03, modified – the definition has been modified to specify that the device herein defined is a portable device.]

3.23**phase comparator of resistive type****resistive phase comparator**

device whose operation is based on the current passing through a resistor located in the *resistive element*

Note 1 to entry: *Phase comparators* of resistive type are always two-pole *phase comparators* and have a *connecting lead*.

Note 2 to entry: *Phase comparators* of resistive type mainly work on the basis of voltage measurement (voltage-based).

3.24**protection against bridging**

protection against flashover or breakdown, when the insulation between the parts of the installation, at different potentials, is reduced by the presence of the *phase comparator*

3.25**rated voltage** U_r

value of voltage to which certain operating specifications are referred

Note 1 to entry: The *rated voltage* of the *phase comparator* is the voltage selected from IEC 60071-1:2006, Table 2, column 1, which should either be equal to the *nominal voltage* (or the highest *nominal voltage* of its *nominal voltage* range), or the next higher voltage selected from that table.

3.26

resistive element

element which contains the current-limiting resistor (or other current-limiting components) and conductive parts

3.27

response time

delay between the time when the *phase comparator* makes contact with the second part to be compared and the relevant *clear indication*

3.28

testing element

built-in element or separate device by means of which the functioning of the *phase comparator* can be checked by the user

[SOURCE: IEC 60743:2013, 11.3.7, modified – the definition has been modified to specify its application to the *phase comparator*.]

3.29

threshold parameter

minimum voltage U_p between the two parts to be compared which gives a change of the status of the *active signal*

4 Requirements

4.1 Indication

The *phase comparator* shall clearly indicate the state "incorrect phase relationship" and/or "correct phase relationship" by means of the change of the status of one or more *active signals*.

The indication shall be visual. An audible indication may be additional.

4.2 Functional requirements

4.2.1 Clear indication

4.2.1.1 General

The following requirements apply when both parts to be compared have the same *nominal voltage* and frequency.

The indication "incorrect phase relationship" shall not appear for an angle difference up to $\pm 10^\circ$.

The indication "correct phase relationship" shall not appear for an angle difference above $\pm 30^\circ$ or $\pm 60^\circ$ according to the class of the *phase comparator*.

To fulfil the above requirements, the *threshold parameter* shall satisfy the following relationship:

Class A: $10\% U_{n \max} < U_p \leq 29,8\% U_{n \min}$

Class B: $10\% U_{n \max} < U_p \leq 57,7\% U_{n \min}$

Class C: see Note 1.

Class D: If it is not possible to use any of the above-mentioned classes, the manufacturer and the customer shall reach an agreement to set the appropriate value of the

phase-angle difference. In such a case the upper limit of the *threshold parameter* shall exceed the one of class B.

For *phase comparators* with one *nominal voltage*, $U_{n \max}$ equals $U_{n \min}$.

NOTE 1 Class C (angle differences $\pm 110^\circ$) was specified in the previous edition of the standard but was found not relevant.

NOTE 2 The required phase angle differences to give indication of incorrect phase relationship will depend on network situations.

NOTE 3 10 % of the *nominal voltage* corresponds to $0,17 U_n / \sqrt{3}$ and is the voltage difference between two phases with an angle difference of 10° .

NOTE 4 29,8 % of the *nominal voltage* corresponds to $0,51 U_n / \sqrt{3}$ and is the voltage difference between two phases with an angle difference of 30° .

NOTE 5 57,7 % of the *nominal voltage* corresponds to $1,0 U_n / \sqrt{3}$ and is the voltage difference between two phases with an angle difference of 60° .

NOTE 6 There is a theoretical limit to the ratio between $U_{n \max}$ and $U_{n \min}$ to achieve *clear indication* of the *phase comparator*. According to the class of the *phase comparator*, this value corresponds to the division of 0,298 or 0,577 by 0,1.

These requirements shall be fulfilled for voltage-to-earth values between $(U_{n \min} - 10 \%) / \sqrt{3}$ up to $(U_{n \max} + 10 \%) / \sqrt{3}$.

NOTE 7 10 % of the *nominal voltage* corresponds to the possible slow voltage fluctuation in a network. According to IEC 61000-2-1, $\pm 10 \%$ of the *nominal voltage* corresponds to the possible slow voltage fluctuation in a network which does not normally exceed the range of operational voltage changes mentioned in IEC 60038.

NOTE 8 A *phase comparator* may not indicate properly in the presence of a large harmonic and/or amplitude distortion (e.g. HV a.c./d.c. converters, non-linear loads, etc.). Relevant data, acceptable limits and performance requirements are under consideration.

4.2.1.2 Settings

The user shall not have access to the settings of the *indicator*.

A selector for different *nominal voltages* or different *nominal voltage* ranges is allowed, but for each position of the selector the user shall not have access to any settings.

4.2.1.3 Continuous indication

Once the *phase comparator* gives a *clear indication* it shall continue to indicate as long as it is in direct contact with the live parts.

4.2.1.4 Influence of interference fields

The presence of an adjacent live or earthed part shall not affect the indication when the *phase comparator* is used in accordance with the instructions for use.

The presence of an *interference field* shall not affect the indication when the *phase comparator* is used in accordance with the instructions for use.

4.2.1.5 Special marking in the case of limited use

In the case of a *phase comparator* that does not fulfil anyone of the tests of 5.2.2 or 5.2.4 when using the test set-up of Figure 4, it shall have a marking "LU" for limited use.

4.2.1.6 Electromagnetic compatibility (EMC)

Phase comparators shall comply with the requirements of class A for portable equipment according to IEC 61326-1.

NOTE In some countries additional requirements may be added to fulfil EMC regulations.

4.2.2 Clear perceptibility

4.2.2.1 Visual indication

The *phase comparator* shall give a clear visual indication to the user when in operating position and under normal light conditions.

When two or more visual *active signals* are used, the indication shall not rely solely on light of different colours for perceptibility. Additional characteristics, such as physical separation of the light sources, distinctive form of the light signals, or flashing light shall be used.

4.2.2.2 Audible indication (where relevant)

The *phase comparator* shall give a clear audible indication to the user when in the operating position and under normal noise conditions.

When two audible *active signals* are used, the indication shall not rely solely on sounds of different sound pressure level for perceptibility. Additional characteristics, such as tone or intermittence of the audible signals shall be used.

4.2.3 Temperature and humidity dependence of the indication

There are three categories of *phase comparators* according to the climatic conditions of operation: cold (C), normal (N) and warm (W). The *phase comparator* shall operate correctly in the temperature range of its climatic category, according to Table 1.

Table 1 – Climatic condition ranges

Climatic condition ranges (operation and storage)		
Climatic category	Temperature °C	Humidity %
Cold (C)	–40 to +55	20 to 96
Normal (N)	–25 to +55	20 to 96
Warm (W)	–5 to +70	12 to 96

4.2.4 Frequency dependence

At a given time the value of the frequency is considered to be the same all over a network. Then the following requirements apply when both parts to be compared have the same frequency.

The *phase comparator* shall operate correctly at frequencies within a tolerance of at least $\pm 0,2$ % of the nominal frequency.

A *phase comparator* with two nominal frequencies shall operate correctly for each nominal frequency within a tolerance of at least $\pm 0,2$ %.

4.2.5 Response time

The *response time* of the *phase comparator* shall not be more than 1 s.

4.2.6 Power source dependability

The *phase comparator* with a built-in power source shall give *clear indication* until a non-readiness signal appears or the device is automatically shut-off, as mentioned in the instructions for use.

4.2.7 Testing element

The *testing element*, whether built-in or separate, shall be capable of testing all the electrical circuits, including where applicable the *resistive element*, the *connecting lead*, the energy source and the functioning of the indication. When all circuits cannot be tested, any limitation shall be clearly stated in the instructions for use. These circuits shall be of high reliability construction. When there is a built-in *testing element*, the *phase comparator* shall give an indication of "ready" or "not ready".

4.2.8 Time rating

The *phase comparator* shall be able to perform during its specified time rating without failure and without giving incorrect indication when subjected to the maximum operating voltage.

The minimum time rating shall be 5 min.

The manufacturer shall clearly state in the instructions for use the maximum time rating for the user.

4.3 Electrical requirements

4.3.1 Insulating material

The insulating materials shall be adequately rated (nature of material, dimensions) for the *nominal voltage* (or the maximum *nominal voltage* of the voltage range) of the *phase comparator*.

When tubes of insulating material with circular cross-section are used in the design of *phase comparators*, they should meet the requirements of IEC 60855-1 or IEC 61235 otherwise they shall demonstrate appropriate insulating performance by fulfilling the test of 5.3.1.

For a *phase comparator* as a complete device the user shall be provided with adequate insulation by means of an *insulating element*.

NOTE For a phase comparator as a separate device, the selection of an appropriate insulating stick will provide the user with adequate insulation.

4.3.2 Protection against bridging

Protection shall be such that the *phase comparator* cannot cause flashover or breakdown between live parts of an installation or between a live part of an installation and earth.

4.3.3 Resistance against sparking

The *phase comparator* shall be so constructed that the *indicator* cannot be damaged or shut-off as a result of low energy electric arc.

4.3.4 Resistive element

The *resistive element* of a *phase comparator* shall be adequately rated with respect to voltage and power.

The resistor in each pole shall be of the same value.

4.3.5 Insulating element of phase comparator as a complete device

4.3.5.1 Dielectric strength

The *insulating element* shall be rated so that no flashover or breakdown occurs in use.

4.3.5.2 Leakage current

The *insulating element* of the *indoor type phase comparator* shall be so rated that leakage current shall be limited under dry conditions.

The *insulating element* of the *outdoor type phase comparator* shall be so rated that leakage current shall be limited under dry and wet conditions.

4.3.6 Circuit current

The maximum circuit current through the *phase comparator* shall be as low as possible and never exceed 3,5 mA rms when a test voltage of $1,2 U_r$ is applied between the *contact electrodes*, whatever the position of any selector (if any).

NOTE The purpose of this requirement is to take into account the possible case of foreseeable misuse.

The maximum circuit current through each pole shall be as low as possible and never exceed 3,5 mA rms when a test voltage of $1,2 U_r / \sqrt{3}$ is applied between the *contact electrode* and the conductor of the *connecting lead*.

4.3.7 Indicator casing

The *indicator* casing shall be rated so that no flashover or breakdown occurs in use.

4.3.8 Insulation of the connecting lead

The *connecting lead* shall be made of high-voltage flexible multistrand cable. The insulation of the *connecting lead* and its connection to each pole of the *phase comparator* shall withstand a voltage of $1,2 U_r$.

4.4 Mechanical requirements

4.4.1 General

For a *phase comparator* as a complete device the user shall be provided with adequate distance by means of an *insulating element*.

NOTE For a *phase comparator* as a separate device, the selection of an appropriate *insulating stick* will provide the user with adequate distance.

4.4.2 Design

The *phase comparator* shall be designed to allow operation by one person.

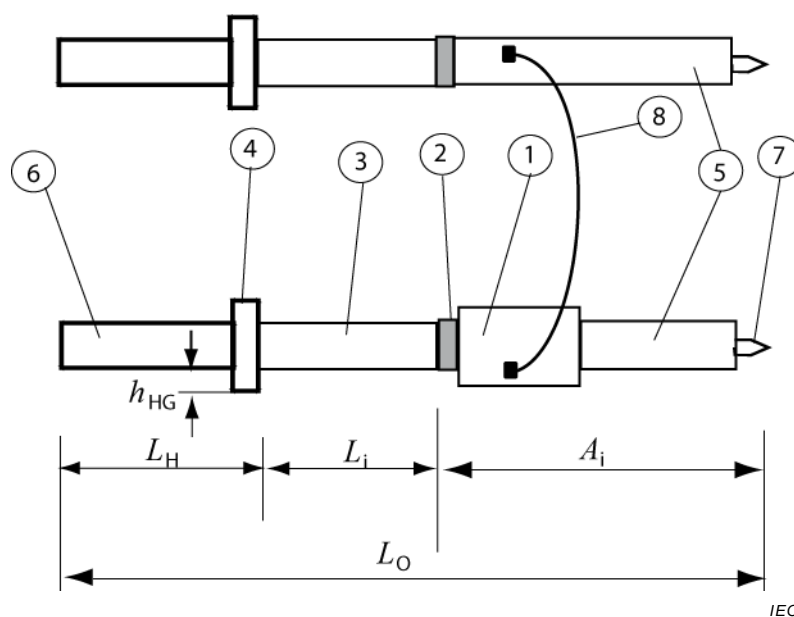
The *phase comparator* as a complete device shall include the following elements as a minimum:

- handle, *hand guard*, *insulating element*, *indicator*, *limit mark*, a *resistive element* in each pole with a *connecting lead* and a *contact electrode* (see Figure 1a).

The position of the *limit mark* may be on either side of the *indicator*.

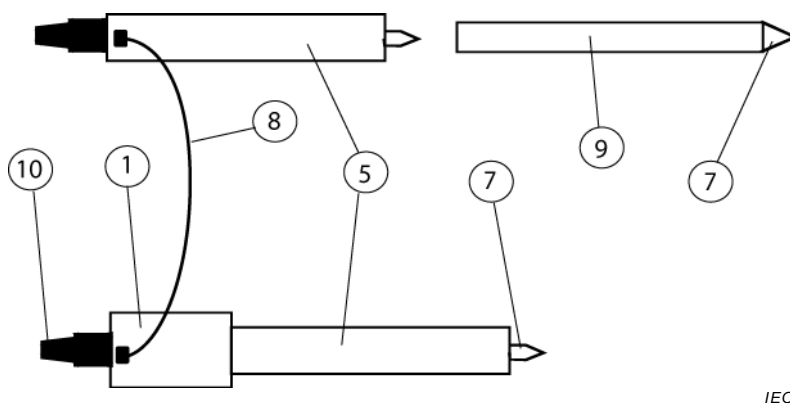
The *phase comparator* as a separate device shall include the following elements as a minimum:

- *adaptor*, *indicator*, a *resistive element* in each pole with a *connecting lead* and a *contact electrode* (see Figure 1b).



IEC

a) Example of a phase comparator as a complete device



IEC

b) Example of a phase comparator as a separate device

Key

1	<i>indicator</i>	9	<i>contact electrode extension (accessory)</i>
2	<i>limit mark</i>	10	<i>adaptor (can be used as limit mark)</i>
3	<i>insulating element</i>	h_{HG}	height of <i>hand guard</i>
4	<i>hand guard</i>	L_H	length of <i>handle</i>
5	<i>resistive element</i>	L_i	length of <i>insulating element</i>
6	<i>handle</i>	L_C	overall length of <i>phase comparator</i>
7	<i>contact electrode</i>	A_i	<i>insertion depth</i>
8	<i>connecting lead</i>		

Figure 1 – Illustration of different elements of a phase comparator**4.4.3 Dimensions, construction**

The minimum length of the *insulating element* of a *phase comparator* as a complete device shall be in accordance with Table 2.

Table 2 – Minimum length of the insulating element (L_i) of a phase comparator as a complete device

U_r kV	L_i mm
$1 < U_r \leq 7,2$	320
$7,2 < U_r \leq 12$	360
$12 < U_r \leq 17,5$	370
$17,5 < U_r \leq 24$	470
$24 < U_r \leq 36$	520

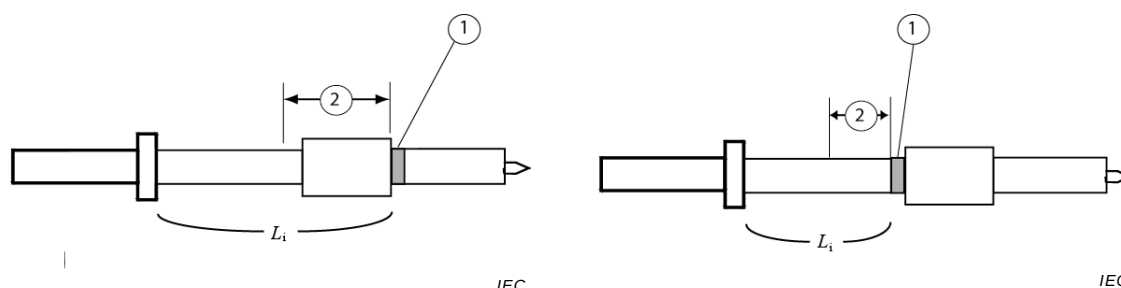
NOTE 1 The *nominal voltage* U_n is used when the parameters to be specified are related to the installation dimensioning or to the functional performance of the *phase comparator*, while the *rated voltage* U_r is used when insulation performance of the *phase comparator* is concerned.

NOTE 2 The L_i values of Table 2 correspond to the minimum distance in air (obtained from Table 1 of IEC 61936-1:2010) plus an additional safety distance.

NOTE 3 The L_i values of Table 2 can be used as a guidance to determine the length of the *insulating stick* used with a *phase comparator* as a separate device. However, the length of the *insulating stick* for live working can be shortened for a *phase comparator* as a separate device taking into account the minimum approach distances or in accordance with national or regional regulations.

In the case of a *phase comparator* as a complete device and for L_i equal to or greater than 520 mm, conductive parts are allowed within the minimum length of the *insulating element* if they are completely externally insulated and are located immediately adjacent to the *limit mark* in one section of the *insulating element* not exceeding 200 mm (see Figure 2).

NOTE 4 The performance of the insulation covering the conductive parts is verified by the *protection against bridging* test of 5.3.2.



Key

- 1 limit mark
- 2 section of the *insulating element* where conductive parts are allowed (≤ 200 mm)
- L_i minimum length of the *insulating element*

Figure 2 – Location of allowed conductive parts within the minimum length of the insulating element of a pole of a phase comparator as a complete device

The *phase comparator* shall be so constructed that, if used as intended, a minimum distance of 100 mm can be maintained between the user and the *connecting lead*. In certain circumstances, other distances may be required and agreed upon between manufacturer and customer.

The *limit mark* shall be about 20 mm wide, permanent and clearly recognizable by the user.

If there is no *limit mark* on a *phase comparator* as a separate device, the end of the *adaptor* can act as the *limit mark* (Figure 1b).

For a *phase comparator* as a complete device, the length of the handle (L_H) shall be 115 mm as a minimum.

For a *phase comparator* as a complete device, the *hand guard* shall be permanently fixed and have a minimum height (h_{HG}) of 20 mm.

In order to adapt the *phase comparator* to different uses, the *contact electrode* may readily be interchangeable with other types of *contact electrodes* depending on the type of installation to be compared and instructions for use.

When a *phase comparator* is intended to be disassembled by the user, the parts shall be clearly marked as belonging together.

Except for the *connecting lead*, the *phase comparator* shall not have any other external lead or any means of making such a connection.

The *connecting lead* shall be designed and guided to resist the forces occurring when used as intended. It shall be flexible, resistant to buckling and resistant to ageing.

4.4.4 Grip force and deflection

The *phase comparator* shall be designed to facilitate reliable operation with reasonable physical effort by the user.

The *phase comparator* shall be designed to allow a safe approach toward the parts of the installation to be compared. The deflection of each pole, under its own weight, shall be as low as possible.

NOTE In the case of a *phase comparator* as a separate device, the choice of an *insulating stick* may greatly influence the grip force and deflection

4.4.5 Vibration resistance

The *phase comparator* shall be vibration resistant.

4.4.6 Drop resistance

The *phase comparator* shall be drop resistant.

4.4.7 Shock resistance

The *phase comparator* shall be shock resistant.

4.5 Marking

Each *phase comparator* shall have at least the following items of marking:

- *nominal voltage* and/or range of *nominal voltages*;
- nominal frequency or nominal frequencies;
- symbol for operational class (“A”, “B” or “D”);
- name or trade mark of the manufacturer;
- type reference, serial number;
- indication of type indoor or outdoor;
- symbol for climatic category or climatic categories (“C”, “N” or “W”);
- symbol “LU”, when relevant;
- year of production;
- symbol IEC 60417-5216 (2002-10) – Suitable for live working; double triangle (see Annex B);

NOTE The exact ratio of the height of the figure to the base of the triangle is 1,43. For the purposes of convenience, this ratio can be between the values of 1,4 and 1,5.

- number of the relevant IEC standard immediately adjacent to the symbol double triangle (“IEC 61481-2”).

To be marked with the number of this IEC standard, the product shall satisfy all the requirements specified herein.

With every *phase comparator* or with every batch of *phase comparators* to be delivered, the manufacturer shall provide information related to the number of the IEC standard with the year of publication.

In the case of a *phase comparator* with a built-in energy source, the type of power supply shall be indicated either on the *indicator* or inside the compartment designed to house it, and the polarity when required.

The marking shall be legible and permanent. The characters shall be at least 3 mm high. The marking shall not impair the quality of the *phase comparator*.

4.6 Instructions for use

The manufacturer shall provide written instructions for use with each *phase comparator* covered by this standard.

The instructions for use shall include as a minimum the information of Annex A.

These instructions shall be prepared in accordance with the general provisions of IEC 61477.

4.7 Requirements in the case of reasonably foreseeable misuse during live working

4.7.1 Voltage selection

In the case of incorrect position of the voltage selector, if any, the *phase comparator* shall give no incorrect indication of phase relationship.

4.7.2 Frequency selection

In the case of incorrect position of the frequency selector, if any, the *phase comparator* shall give no indication of phase relationship.

5 Tests

5.1 General

5.1.1 Testing provisions

This standard provides testing provisions to demonstrate compliance of the product to the requirements of Clause 4. These provisions are primarily intended to be used as type tests for the validation of the design input. Where relevant, alternative means (calculation, examination, tests, etc.), are specified within the test subclauses for *phase comparators* having completed the production phase.

Tests shall be performed on a *phase comparator* which has been completely assembled, in accordance with instructions for use. Unless otherwise specified, for a *phase comparator* as a separate device, the tests shall be performed with each pole equipped with an *insulating stick* complying with 4.3.1, 4.4.1 and 4.4.3.

NOTE It is essential that the tests are done by a competent test facility.

5.1.2 Atmospheric conditions

Except when otherwise stated, tests are carried out under the following standard atmospheric conditions of IEC 60068-1 for measurements and tests:

- ambient temperature 15 °C to 35 °C;
- relative humidity 25 % to 75 %;
- atmospheric pressure 86 kPa to 106 kPa.

For type tests, the *phase comparator* shall be subjected to these conditions for at least 4 h before being submitted to the group of tests.

5.1.3 Tests under wet conditions

Before the electrical tests, each *phase comparator* shall be cleaned with isopropanol ($\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_3$) and then dried in air for 15 min.

NOTE It is not part of this standard to ensure that the relevant legislation and safety requirements for the use of isopropanol are complied with in their entirety.

The test under wet conditions shall be conducted in accordance with 4.4.1 of IEC 60060-1:2010 (wet test procedure), with the following exception: the openings in the collecting vessel designed to measure the wetting rate shall be less than, or equal to, the horizontal cross-section of the *indicator*.

5.1.4 Type test

5.1.4.1 Type test on basic configuration

The type test shall be performed on three complete *phase comparators* representative of the production and on three test pieces of each material providing high-voltage insulation except for 5.2.3 which is performed on only one *phase comparator*. If more than one *phase comparator* or test piece does not pass, the test has failed. If only one *phase comparator* or test piece fails, the entire sequence for the type test shall be repeated on three other *phase comparators* or test pieces. If any one of these three new *phase comparators* or test pieces does not pass, the type test is considered to have failed.

NOTE In the particular case of 5.2.3, if the *phase comparator* does not pass, the type test is considered to have failed.

Type tests shall be performed in the sequence defined in Annex C.

5.1.4.2 Type test on additional contact electrodes and accessories

The use of different *contact electrodes* or *accessories* or combination of *accessories* may affect the performance of the *phase comparator*.

When several *contact electrode extensions* or several *contact electrodes* are provided, the following tests shall be performed with each *contact electrode extension*, each *contact electrode* and each combination of them:

- vibration resistance (see 5.4.4),
- drop resistance (see 5.4.5),
- *clear indication* (see 5.2.2),
- influence of electric *interference fields* (see 5.2.4),
- *protection against bridging* for indoor/outdoor type *phase comparator* (see 5.3.2),
- *protection against bridging* for outdoor type *phase comparator* (see 5.3.3) and
- spark resistance (see 5.3.4).

These type tests can be done

- with the same set of *phase comparators*, these being equipped successively with the different *accessories* or combination of *accessories*, or
- with different sets of *phase comparators*, each set being equipped with a different *accessory* or combination of *accessories*.

In the case of different sets of *phase comparators*, for each set if more than one *phase comparator* does not pass the test the set has failed. For each set if only one *phase comparator* fails, the entire sequence for the relevant type test (see 5.1.4.1) shall be repeated on a new set of three *phase comparators*. If any one of these three new *phase comparators* fails, the type test of this configuration is considered to have failed.

5.1.4.3 Type test of a family of phase comparators

In the case of *phase comparators* of the same family the following applies.

- The type tests shall be performed at the lowest and at the highest *nominal voltages* delimiting the *family of phase comparators*. Within the limits of the family, bridging tests (5.3.2 and 5.3.3) shall be performed for each distance d_1 of Table 6 under the highest voltage of each voltage range. Mechanical tests shall be done only once covering the worst conditions.
- The test for *clear indication* (see 5.2.2) shall be carried out at each *nominal voltage* or each *nominal voltage* range. Each time the test set-up changes within the range of the *nominal voltages* of the *phase comparator* the corresponding test shall be carried out.

5.1.5 Test methods

Tests shall be carried out using an a.c. power source in accordance with the requirements given in IEC 60060-1.

The maximum test voltage value shall be reached within 10 s to 20 s.

All types of *phase comparators* (indoor and outdoor) shall be submitted to the tests in dry conditions.

Unless otherwise specified,

- a tolerance of $\pm 3\%$ is allowed for all required values,
- dielectric tests shall be carried out at a frequency of 50 Hz or 60 Hz,
- additional tests applicable to *outdoor type phase comparators* shall be performed under wet conditions.

No correction factor due to climatic conditions shall be applied to test voltages.

5.2 Function tests

5.2.1 Description of the test set-up and general pass criteria

The tests shall be performed using a test set-up made of two ball-and-ring arrangements as shown in Figure 3 and Figure 4 with the dimensions specified in Table 3. The distinction between Figure 3 and Figure 4 is the relative position of the ball electrode and its associated ring electrode. Both test set-ups permit to simulate various installation configurations.

It is important to limit the influence of the elements that provide the mechanical support and the electrical connections to the test set-up on the electric field configuration around the test electrodes.

For this purpose, around each test electrode (ball and ring), a spherical zone is defined in which only the elements illustrated in Figure 3 or 4 are permitted.

For each ball electrode, the supporting element shall permit connection to the voltage source. The electrical connection shall consist of a cable with a conductor section of 2 mm² to 5 mm² inserted in an insulating tube to provide mechanical support and additional electrical insulation.

For each ring electrode, the element(s) providing mechanical support and the ones providing electrical connection shall be out of the spherical zone except for its(their) fixing or connecting device(s) to the ring which shall be as small as possible.

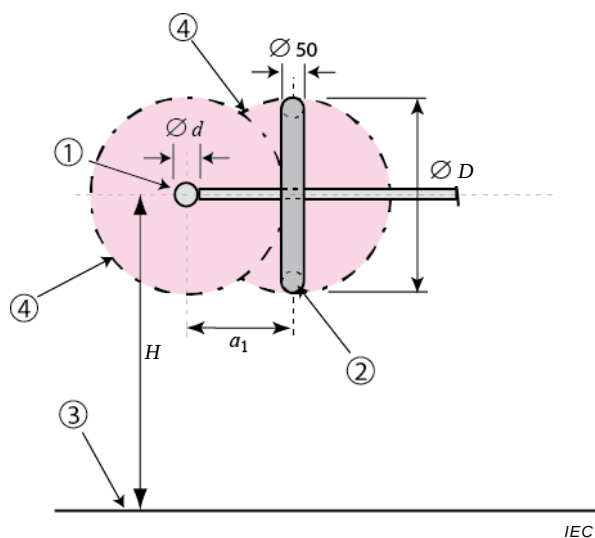
The floor of the test room shall be conductive or be laid out with conductive matting and connected to earth. The tests shall be conducted in a room which is free from unwanted foreign *interference field*. No objects, except the insulating supporting element of the test set-up, shall be situated between the test set-up and the floor (ground) within a distance H and within a distance W in any direction from the test set-up according to Table 3.

Each pole of the *phase comparator* shall be fixed by means of an insulating support at the handle, in such a manner that its *contact electrode* touches a ball electrode, and the *indicator* is approximately concentrically located in relation to the associated ring electrode (in the horizontal axis) (see Figure 5). A suitable means shall be used for ensuring a good electrical connection as well as a mechanical pressure between the *contact electrode* of the pole and the ball electrode without disturbing the local electric field. An example of such means is illustrated in Figure 6a. Likewise it is possible to modify the ball electrode without disturbing the local electric field. An example of such a modified ball electrode is illustrated in Figure 6b.

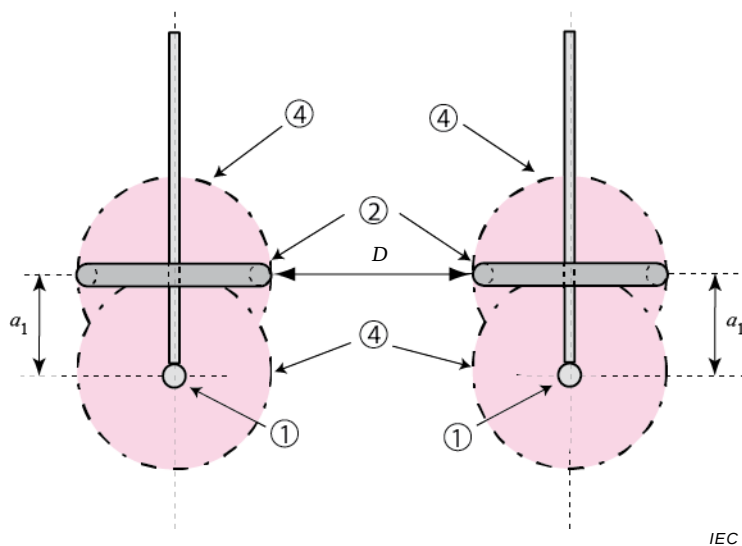
To be in accordance with this standard without any restriction, the *phase comparator* shall fulfil the tests performed with the test arrangements of Figures 3 and 4.

When the *phase comparator* without any *accessory* only fulfils the tests performed with the test arrangement of Figure 3, it shall be marked with “LU” (limited use).

Dimensions in millimetres



a) Side view



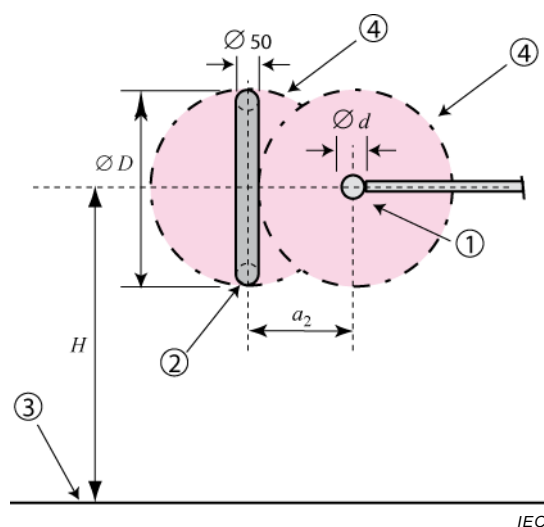
b) Top view

Key

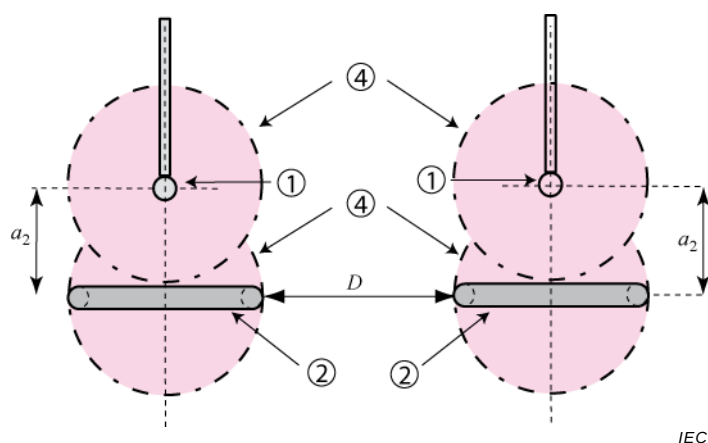
- | | |
|---|---|
| 1 ball electrodes (B1 and B2) of $\varnothing d$ diameter with their supporting element | a_1 electrode separation distance |
| 2 ring electrodes (R1 and R2) of $\varnothing D$ diameter | D distance between the two ring electrodes |
| 3 ground | H distance between the test set-up and the ground |
| 4 spherical zone of $\varnothing D$ diameter around each test electrode | |

NOTE Diameter " D " and distance " D " are of the same value.**Figure 3 – Test set-up for clear indication with the ball electrode in front of its ring electrode**

Dimensions in millimetres



a) Side view



b) Top view

Key

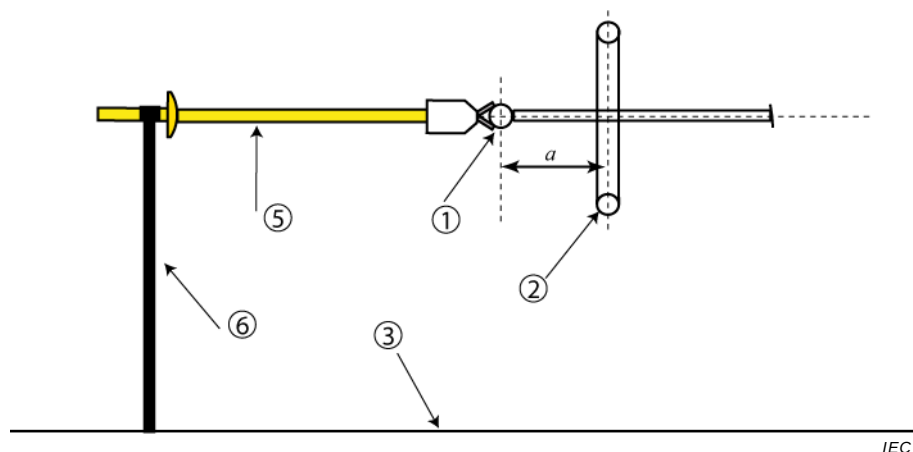
- | | |
|---|---|
| 1 ball electrodes (B1 and B2) with $\varnothing d$ diameter with their supporting element | a_2 electrode separation distance |
| 2 ring electrodes (R1 and R2) with $\varnothing D$ diameter | D distance between the two ring electrodes |
| 3 ground | H distance between the test set-up and the ground |
| 4 spherical zone of $\varnothing D$ diameter around each test electrode | |

NOTE Diameter “D” and distance “D” are of the same value.

Figure 4 – Test set-up for clear indication with the ball electrode behind its ring electrode

Table 3 – Dimensioning of the ball and ring test set-up

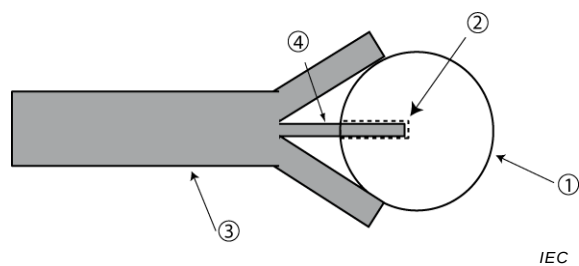
U_n	Electrode separation distance when the ball is in front of the ring a_1 mm	Electrode separation distance when the ball is behind the ring a_2 mm	H mm	Diameter “ $\varnothing D$ ” and distance “ D ” mm	d mm	W (3 times D) Clearance of the complete test set-up from any foreign objects mm
kV						
$1 < U_n \leq 12$						
$12 < U_n \leq 24$	300	100 270 430	1 500	550	$\varnothing 60$	$> 1\,650$
$24 < U_n \leq 36$						



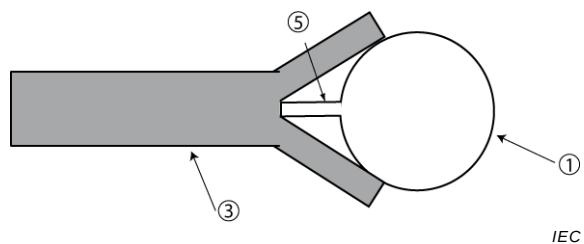
Key

- 1 ball electrode
- 2 ring electrode
- 3 ground
- 5 pole of the *phase comparator* (as a complete device or equipped with an *insulating stick*)
- 6 one insulating support for maintaining the pole horizontal to ground

Figure 5 – Example of positioning of a pole of the phase comparator in relation to a ball and ring test arrangement



a) Modification of a contact electrode used for testing



b) Modification of the ball electrode

Key

- 1 ball electrode
- 2 cylindrical hole drilled in the ball electrode
- 3 Y shape *contact electrode*
- 4 cylindrical rod fixed to a Y shape *contact electrode* of a dimension to fit tightly into the hole of the ball electrode
- 5 cylindrical rod fixed to the ball electrode

Figure 6 – Examples of suitable means for ensuring appropriate contact between a contact electrode and the ball electrode

5.2.2 Clear indication

The description of the test set-ups and the general pass criteria are those of 5.2.1.

For performing the *clear indication* tests, the two ring electrodes, designated as R1 and R2, shall be earthed.

In the case of a *phase comparator* with one *nominal voltage* U_n the test shall be performed at this *nominal voltage*.

In the case of a *phase comparator* with more than one *nominal voltage* the test shall be performed at every *nominal voltage*.

In the case of a *phase comparator* with one *nominal voltage* range the test shall be performed at the lowest ($U_{n \min}$) and the highest ($U_{n \max}$) value of the *nominal voltage* range.

In the case of a *phase comparator* with more than one *nominal voltage* range the test shall be performed at the lowest and the highest value of each *nominal voltage* range.

Each pole of the *phase comparator* shall be placed horizontally and its *contact electrode* connected with one of the ball electrodes of the test set-up designated as B1 and B2.

For test series 1, the test electrodes shall have a voltage and phase relationship according to the relevant part of Table 4.

The test shall be considered as passed if the indication "incorrect phase relationship" does not appear or the indication "correct phase relationship" appears according to the type of indication of the *phase comparator*.

This test shall be repeated while the *connecting lead* is scanned by a ball electrode with a diameter of 50 mm connected to earth. The test shall be considered as passed if the indication "incorrect phase relationship" does not appear or the indication "correct phase relationship" appears according to the type of indication of the *phase comparator*.

For test series 2, the test electrodes shall have a voltage and phase relationship according to the relevant part of Table 4.

The test shall be considered as passed if the indication "incorrect phase relationship" appears.

This test shall be repeated while the *connecting lead* is scanned by a ball electrode with a diameter of 50 mm connected to earth. The test shall be considered as passed if the indication "incorrect phase relationship" appears.

Table 4 – Test series and conditions for clear indication

Test series	Test voltage on the two ball-and-ring electrode arrangements (B1-R1 and B2-R2)				Required indication according to the type of indication	
	B1	R1	B2	R2	"Incorrect phase relationship"	"Correct phase relationship"
1	$(U_{n\max} - 10\%) / \sqrt{3}$	earth	$(U_{n\max} + 10\%) / \sqrt{3}$ ^a 10 degrees		no	yes
2	$(U_{n\min} - 10\%) / \sqrt{3}$	earth	$(U_{n\min} - 10\%) / \sqrt{3}$ ^b 30 degrees	earth	yes	no
^a 10 % of the <i>nominal voltage</i> corresponds to the possible slow voltage fluctuation in a network.						
^b A phase difference according to the operational class of the <i>phase comparator</i> (see 4.2.1) shall be adjusted. In the table, operational class A is used as an example.						

5.2.3 Electromagnetic compatibility (EMC)

5.2.3.1 Type test

The *phase comparator* shall be submitted to and shall fulfil the relevant tests of IEC 61326-1 for:

- immunity requirements for portable equipment powered by battery or from the circuit being measured with the following test parameters:

Description	Port	Test	Parameters
Electrostatic discharge (ESD)	Enclosure	IEC 61000-4-2	4 kV/8 kV (contact/air)
RF electromagnetic field immunity	Enclosure	IEC 61000-4-3	3 V/m for 80 MHz to 1 GHz (level 2) 3 V/m for 1,4 GHz to 2 GHz (level 2) 1 V/m for 2 GHz to 2,7 GHz
Power frequency magnetic immunity	Enclosure	IEC 61000-4-8	100 A/m

NOTE Level 2 corresponds to a moderate electromagnetic radiation environment. This happens in presence of the Global System for Mobile Communications (GSM), for example fixed transceivers, like microwave antenna for cell phone, installed in transmission structures or substations.

With the following performance criteria for all the EMC tests:

Function	Criteria
Functioning of <i>phase comparator</i>	B
Functioning of the <i>testing element</i>	B

- emission limit requirements for equipment intended for use in industrial locations with the following test parameters:

Description	Port	Test	Parameters
Radio disturbances characteristics	Enclosure	CISPR 11	Class A

The *phase comparator* shall be configured in a mode that represents normal working conditions according to the instructions for use.

The test shall be considered as passed if the relevant indications are not affected.

5.2.3.2 Alternative means for phase comparators having completed the production phase

After completing the production phase, it is not practical to perform EMC tests for checking the conformity to the relevant requirements. Nevertheless, the manufacturer shall prove that it has followed the same documented assembly procedure as per the type tested device.

5.2.4 Influence of electric interference fields

5.2.4.1 General

The description of the test set-ups and the general pass criteria are those of 5.2.1.

The test consists of the test series and conditions given in Table 5.

5.2.4.2 Influence of in-phase interference field

The test shall be considered as passed if the required indication in the relevant test series of Table 5 appears.

5.2.4.3 Influence of phase opposition interference field

The test shall be considered as passed if the required indication in the relevant test series of Table 5 appears.

Table 5 – Test series and conditions for influence of electric interference fields

Test series	Test voltage on the two Ball-and-Ring electrode arrangements (B1-R1 and B2-R2)				Required indication according to the type of indication	
	B1	R1	B2	R2	“Incorrect phase relationship”	“Correct phase relationship”
Influence of in-phase interference electric field						
1	$(U_{n \max} - 10 \%) / \sqrt{3}$	$(U_{n \max} - 10 \%) / \sqrt{3}$	$(U_{n \max} + 10 \%) / \sqrt{3}$ 10 degrees	earth	no	yes
2	$(U_{n \min} - 10 \%) / \sqrt{3}$	$(U_{n \min} - 10 \%) / \sqrt{3}$	$(U_{n \min} - 10 \%) / \sqrt{3}$ 30 degrees ^a	earth	yes	no
Influence of phase opposition interference electric field						
1	$(U_{n \max} - 10 \%) / \sqrt{3}$	earth	$(U_{n \max} + 10 \%) / \sqrt{3}$ 10 degrees	$(U_{n \max} + 10 \%) / \sqrt{3}$	no	yes
2	$(U_{n \min} - 10 \%) / \sqrt{3}$	earth	$(U_{n \min} - 10 \%) / \sqrt{3}$ 30 degrees ^a	$(U_{n \min} - 10 \%) / \sqrt{3}$	yes	no
^a A phase difference according to the operational class of the phase comparator (see 4.2.1) shall be adjusted. In the table, operational class A is used as an example.						

5.2.5 Clear perceptibility

5.2.5.1 Clear perceptibility of visual indication

5.2.5.1.1 Type test

The test set-up is given in Figure 7.

The intensity of the light striking an unpolished grey screen with a reflectivity index of 18 % and the signal source of the *indicator* shall be:

- a) 50 000 lux $\pm$ 10 % for an *outdoor type phase comparator* with standard light D₅₅ according to CIE 15 corresponding to a colour temperature of 5 500 K $\pm$ 10 %;
- b) 1 000 lux $\pm$ 10 % for *indoor type phase comparator* with standard light A according to CIE 15 corresponding to colour temperature of 3 200 K $\pm$ 10 %.

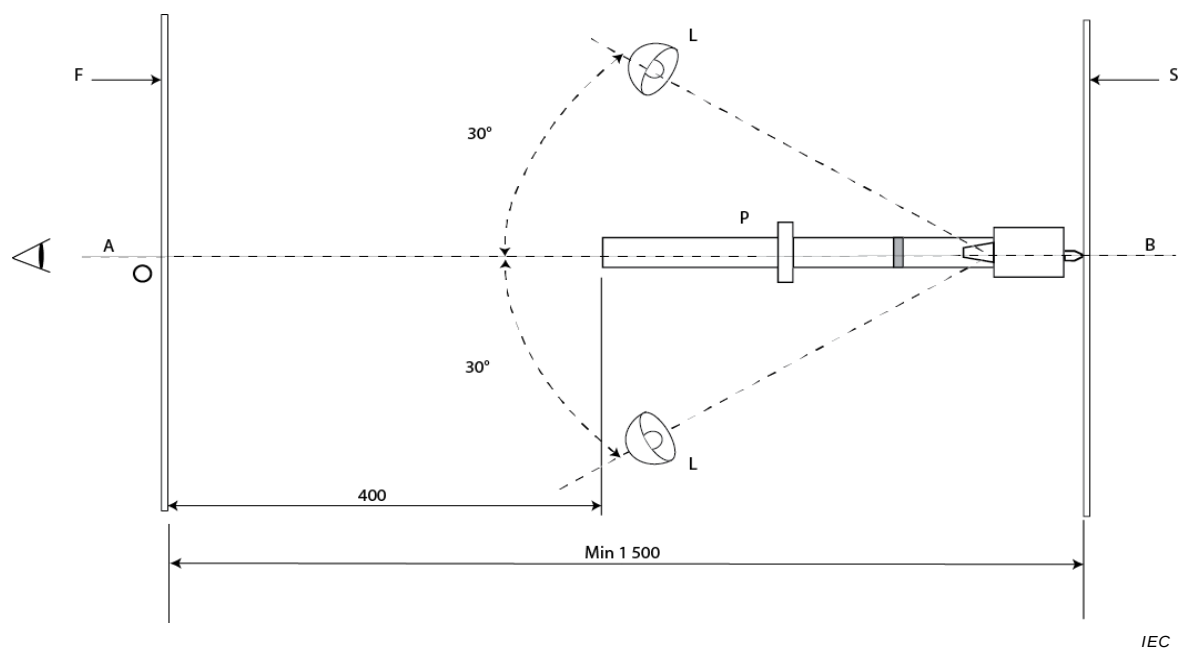
The pole containing the indication shall be positioned in direction of axis A – B and the signal source part shall be centred on the axis A – B in normal use, according to Figure 7a.

The indication "incorrect phase relationship" and/or "correct phase relationship" shall be caused several times at irregular intervals unknown to the observer by arranging the corresponding voltage on the test electrode(s).

The test can be performed by energizing the *phase comparator* by any relevant means if the same results are achieved.

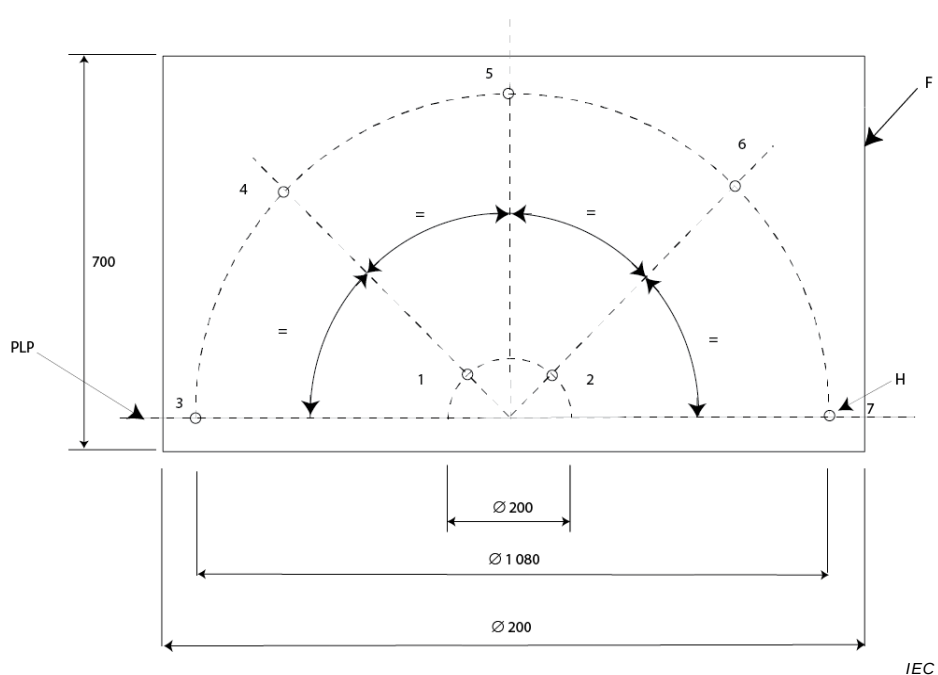
Three observers with average sight look towards the *phase comparator* through the 5 mm holes in the front plate (see Figure 7b). The minimum distance between the front plate and the screen shall be 1 500 mm.

The test shall be considered as passed if the indication(s) is(are) seen by the three observers through each hole.



a) Top view

Dimensions in millimetres



b) Front view of the front plate

Key

P	pole of the <i>phase comparator</i>	S	light-grey screen 1 000 × 1 000
F	perforated front plate 3 mm thick	H	seven holes, 5 mm diameter
L	light source	PLP	plane of the light sources and the pole of the <i>phase comparator</i>

Figure 7 – Test set-up for clear perceptibility of visual indication

5.2.5.1.2 Alternative test for phase comparators having completed the production phase

The alternative test consists in comparing the perceptibility of the visual indication of a manufactured *phase comparator* to the one of a *phase comparator* which has passed successfully the type test according to 5.2.5.1.1 (reference *phase comparator*). The test shall be considered as passed if both perceptibilities are almost identical.

5.2.5.2 Clear perceptibility of audible indication (if available)

5.2.5.2.1 Type test

The test shall be carried out in free-field over reflecting plane conditions, in an environment following the requirements of Annex A of ISO 3744:2010.

NOTE Such test conditions can be encountered in semi-anechoic rooms.

Averaged over the microphone positions, the level of the background noise shall be at least 6 dB(A) but preferably more than 15 dB(A) below the sound pressure level to be measured. If the difference between the sound pressure levels of the background noise and that emitted by the source is between 6 dB(A) and 15 dB(A), a correction shall be applied as described in 8.2.3 of ISO 3744:2010.

The instrumentation system, including the microphone and cable, shall meet the requirements for a class 1 instrument specified in IEC 61672-1. The filters used shall meet the requirements for a class 1 instrument specified in IEC 61260.

During each series of measurements, a sound calibrator with an accuracy of class 1 specified in IEC 60942 shall be applied to the microphone to verify the calibration of the entire instrument system.

The indication "incorrect phase relationship" and/or "correct phase relationship" shall be caused by arranging the corresponding voltage on the test electrode(s).

The test can be performed by energizing the *phase comparator* by any relevant means if the same results are achieved.

The pole containing the indication shall be arranged as shown in Figure 8a, in such a manner that the sound axis of the *phase comparator* is parallel to the ground and at least 1,5 m away from any sound-reflecting surfaces.

A measuring plane shall be established, perpendicular to the sound axis according to Figure 8a. The distance of 400 mm can be increased by 200 mm if this will enable higher sound intensities to be measured.

The measurements shall be carried out for the indications "incorrect phase relationship" and/or "correct phase relationship", at each of the twelve microphone positions of Figure 8b. The sound pressure level shall be measured in each octave band of the frequency range 1 000 Hz to 4 000 Hz, with the A-weighting network.

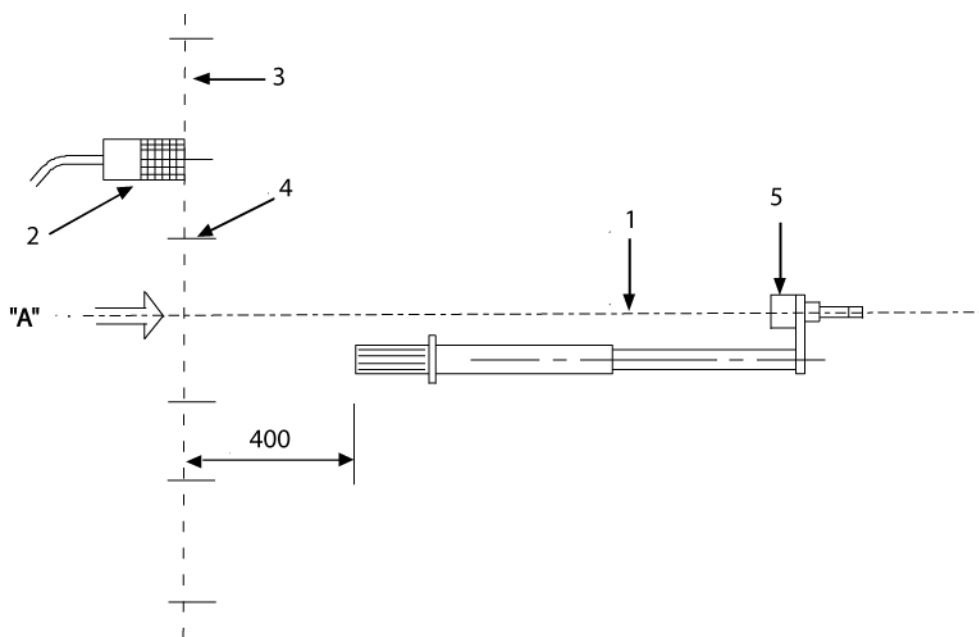
The period of observation shall be at least 10 s for a continuous signal. For an intermittent signal, the integration time for the measurement shall be shorter than the signal duration.

The test shall be considered as passed, if for each microphone position, the sound pressure level, within at least one octave band of the frequency range of interest, is greater than

- 70 dB(A), (ref.: 20 µPa) for a *phase comparator* with continuous sound signal;
- 67 dB(A), (ref.: 20 µPa) for a *phase comparator* with intermittent sound signal.

Other higher values may be agreed between manufacturer and customer for specific usage in very noisy areas.

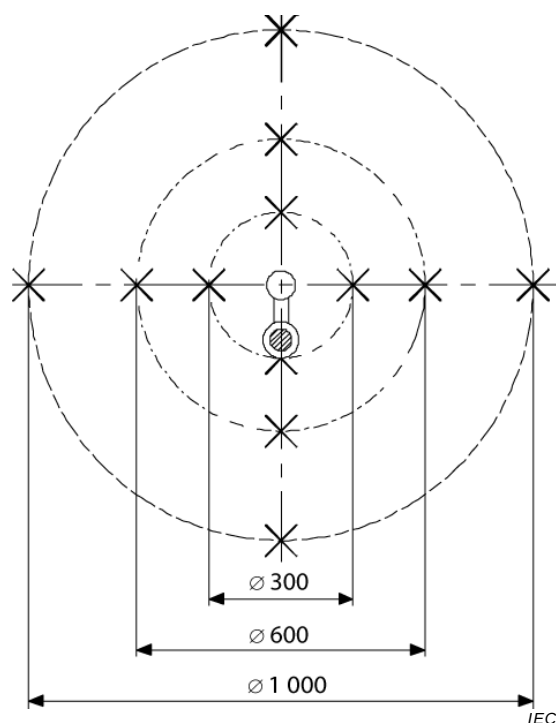
Dimensions in millimetres



IEC

a) Side view

Dimensions in millimetres



IEC

b) Front view from "A"

Key

- | | | | |
|---|----------------------|---------|-------------------------------------|
| 1 | sound axis | 4 and X | measuring points |
| 2 | measuring microphone | 5 | pole of the <i>phase comparator</i> |
| 3 | measuring plane | | |

Figure 8 – Test set-up for clear perceptibility of audible indication

5.2.5.2.2 Alternative test for phase comparators having completed the production phase

The alternative test consists in comparing the perceptibility of the audible indication of a manufactured *phase comparator* to the one of a *phase comparator* which has passed successfully the type test according to 5.2.5.2.1 (reference *phase comparator*). The test shall be considered as passed if both perceptibilities are almost identical.

5.2.6 Frequency dependence

5.2.6.1 Type test

The test consists in performing the tests for *clear indication* using the test set-up and the test procedure of 5.2.1 and 5.2.2.

For a *phase comparator* with one nominal frequency, the tests shall be performed at 99,8 % and 100,2 % of the nominal frequency on both ball test electrodes.

For a *phase comparator* with two nominal frequencies, the test shall be performed at 99,8 % and 100,2 % of each nominal frequency on both ball test electrodes.

The test shall be considered as passed if the sanctions of 5.2.2 are met.

5.2.6.2 Alternative means for phase comparators having completed the production phase

The manufacturer shall prove that he has followed the same documented assembly procedure as per the type tested device. The manufacturer shall document components that affect the performance under variations of nominal frequency performance.

5.2.7 Response time

5.2.7.1 Type test

According to the type of indication of the *phase comparator* two voltages according to Table 4 (test series 1 or test series 2) shall be applied to the ball test electrodes B1 and B2 (see Figure 3) to get a *clear indication* of the phase relationship.

The ring test electrodes R1 and R2 shall be earthed.

The test shall be considered as passed if within 1 s after the moment when the relevant pole is brought into contact with electrode B2 the correct *clear indication* appears.

5.2.7.2 Alternative means for phase comparators having completed the production phase

The manufacturer shall prove that it has followed the same documented assembly procedure as per the type tested device. The manufacturer shall document components that affect the *response time*.

5.2.8 Power source dependability

5.2.8.1 Type test

The test shall be performed for a *phase comparator* with built-in power source only.

The *phase comparator* shall be connected to a voltage source with a test voltage and a phase difference that will make the indication “correct phase relationship” or “incorrect phase relationship” appear.

The *phase comparator* shall be removed from the voltage source and after switching off either automatically or manually it shall be switched on again after 2 min. Then it shall be connected to the voltage source again.

These procedures shall be repeated until

- an indication is given that the *phase comparator* is no longer operational, or
- the *phase comparator* is switched off automatically for that reason.

The test shall be considered as passed if one of the above-mentioned requirements is fulfilled and if, during each test step, the expected signal appears.

The test duration may be reduced by using other methods that give the same result (for example, the use of an unloaded built-in power source with more energy than necessary for a good functioning or the use of an external power supply).

5.2.8.2 Alternative means for phase comparators having completed the production phase

The manufacturer shall prove that it has followed the same documented assembly procedure as per the type tested device. The manufacturer shall document components that affect the power source dependability.

5.2.9 Check of testing element

5.2.9.1 Type test

The *testing element* is activated according to the instructions for use.

A visual and, if provided, an audible signal shall appear according to the instructions for use. The *testing element* shall be activated three times, and a signal shall appear each time.

The electric circuit (and the flow chart if a software is used) shall be checked to verify that all circuits are tested, except those mentioned in the instructions for use.

5.2.9.2 Alternative test for phase comparators having completed the production phase

The test procedure of 5.2.9.1 shall be performed except for the check of the electric circuit.

5.2.10 Time rating

5.2.10.1 Type test

The *phase comparator* shall be connected to a voltage source with a test voltage of $1,2 U_n$ and a phase difference that makes the indication “correct phase relationship” or “incorrect phase relationship” appear. The test voltage shall be applied to the *contact electrodes* of the *phase comparator* for the maximum time rating declared by the manufacturer in the instructions for use.

The test shall be considered as passed if the expected indication is uninterrupted for all the test period.

5.2.10.2 Alternative means for phase comparators having completed the production phase

The manufacturer shall prove that it has followed the same documented assembly procedure as per the type tested device. The manufacturer shall document components that affect the time rating.

5.3 Dielectric tests

5.3.1 Insulating material for tubes and rods

5.3.1.1 Type test

These tests shall be only performed for tubes and rods which are not covered by IEC 60855-1 or IEC 61235.

Insulating parts which are between 60 mm and 200 mm long shall be tested over their entire length. For longer lengths, test pieces of 200 mm shall be made. The ends of the test pieces shall not be sealed for the test.

A strip, approximately 0,5 mm thick and 10 mm wide, shall be removed over the entire length of the axis of each test piece. The test piece shall be conditioned in water having a maximum resistivity of $100 \Omega \cdot \text{m}$ at a temperature of $40^\circ\text{C} \pm 2 \text{ K}$ for 96 h.

At the end of this period, adhering water shall be wiped off. A 20 mm wide band electrode of conductive material shall be immediately applied on the exterior surface, at both ends of the test piece. After a drying period of $15 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$, in a room at a temperature of $23^\circ\text{C} \pm 3 \text{ K}$, a test voltage of 1 kV/cm for 5 min shall be applied.

The test shall be considered as passed if the current is not greater than 50 μA rms at any time during the last 4 min.

After removal of the test pieces, the current passing through the test set-up shall not exceed 10 μA rms with the test voltage applied.

5.3.1.2 Alternative test or means for phase comparators having completed the production phase

(Under consideration).

5.3.2 Protection against bridging for indoor/outdoor type phase comparator

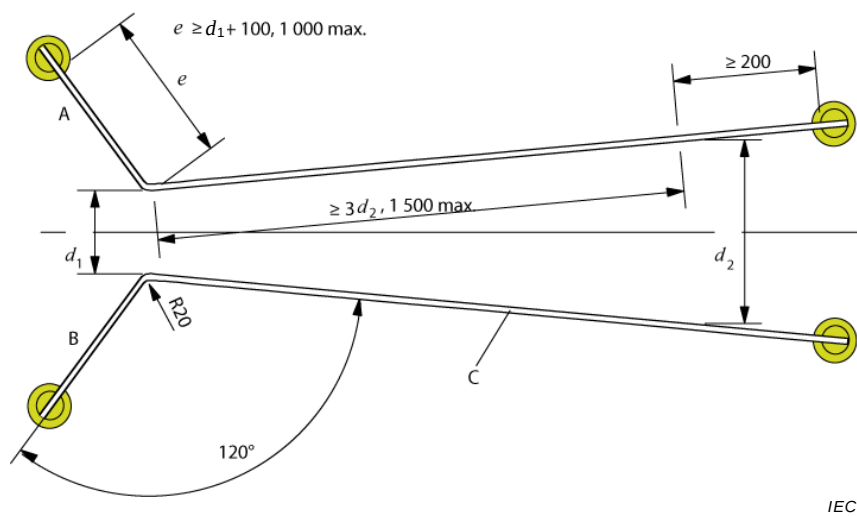
5.3.2.1 General

Each pole of the *phase comparator* shall be tested. The *connecting lead* shall also be tested.

The test on each pole of the *phase comparator* is related to the part of a pole of a *phase comparator* located between the *limit mark* and the top of the *contact electrode*. If there is no *limit mark* on a *phase comparator* as a separate device, the end of the *adaptor* shall be regarded as the *limit mark* (Figure 1b).

The test set-up used for the *protection against bridging* is given in Figure 9.

Dimensions in millimetres



- Key**
- A bar A
 - B bar B
 - C bar section, for example copper or steel
 - e length of the short part of a bar

The bar section shall be 60 mm × 10 mm and the corners shall be rounded to a radius of 1 mm. The cut-off ends shall have the same curve as the bar.

Figure 9 – Test arrangements and dimensions of the bars for protection against bridging

The distance d_1 between bar A and bar B shall be adjusted according to Table 6. The distance d_2 of Figure 9, shall be calculated as follows:

$$d_2 = A_i + d_1 + 200 \text{ (all dimensions are in mm)}$$

where A_i is the *insertion depth* (Figure 1a).

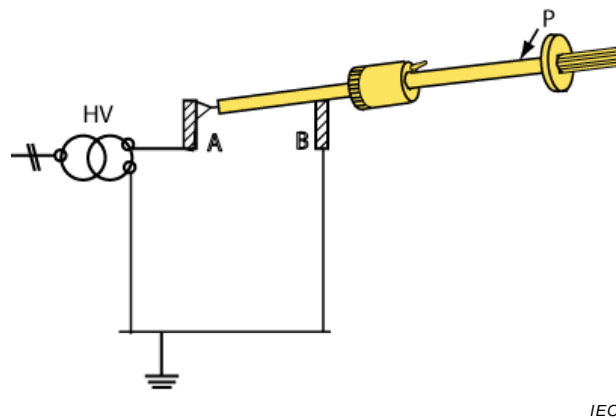
The test voltage shall be $1,2U_r$.

Bridging tests shall be performed within the limits of the voltage range of the *phase comparator* for each distance d_1 at the highest voltage of each range given in Table 6.

Table 6 – Distance d_1 for the bridging test set-up

U_n kV	d_1 mm	
	Indoor	Outdoor
$U_n \leq 7,2$	50	150
$7,2 < U_n \leq 12$	60	150
$12 < U_n \leq 17,5$	85	180
$17,5 < U_n \leq 24$	115	215
$24 < U_n \leq 36$	180	325

The bars shall be electrically connected as shown in Figure 10.



Key

- A bar A
- B bar B
- P pole of the *phase comparator*

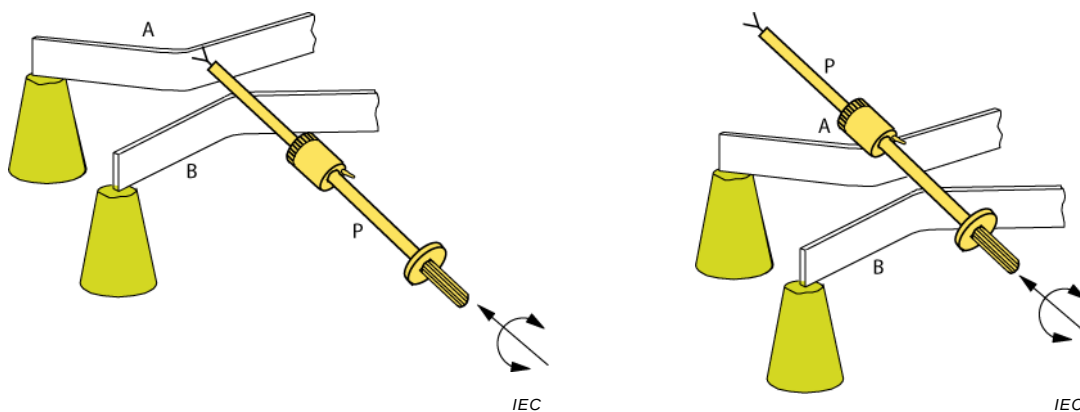
Figure 10 – Electrical connection of the bars

5.3.2.2 Surface stress test

The *contact electrode* of the not-tested pole is placed on bar B keeping the *connecting lead* in front of bar B. The not-tested pole shall be placed in such a way as to give sufficient length to the *connecting lead* to perform the test.

The top of the *contact electrode* of the pole to be tested shall be placed on bar A at the narrow point d_1 (Figure 9) and the pole of the *phase comparator* shall be laid on bar B for 1 min. The pole of the *phase comparator* still staying at the narrow point is turned and pushed forward toward bar A, until the *limit mark* plus 200 mm reaches the bar A (Figure 11).

The test shall be considered as passed if no flashover or breakdown occurs.



Initial position

Final position

Key

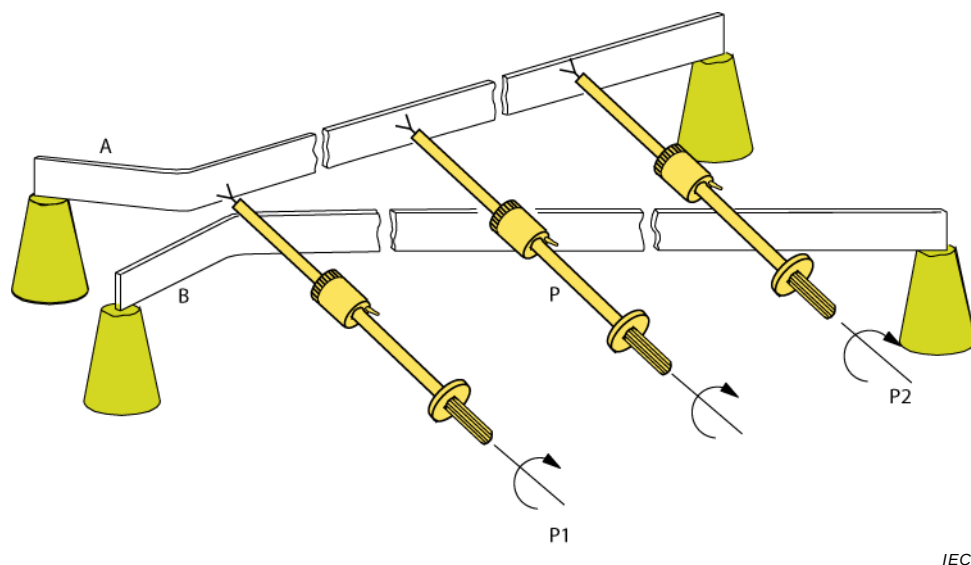
- A bar A
- B bar B
- P pole of the *phase comparator*

Figure 11 – Surface stress test

5.3.2.3 Radial and surface stress test

The *contact electrode* of the not-tested pole is placed on bar B keeping the *connecting lead* in front of bar B. The not-tested pole shall be placed in such a way as to give sufficient length to the *connecting lead* to perform the test.

The top of the *contact electrode* of the pole to be tested shall be placed on bar A at the narrow point d_1 and the pole of the *phase comparator* shall be laid on bar B. Then the pole of the *phase comparator* is rolled along the bars, until the *limit mark* plus 200 mm reaches bar B (Figure 12) while the top of the *contact electrode* remains in contact with bar A.



Key

- A bar A
- B bar B
- P pole of the *phase comparator*
- P1 initial position of P
- P2 final position of P

Figure 12 – Radial and surface stress test

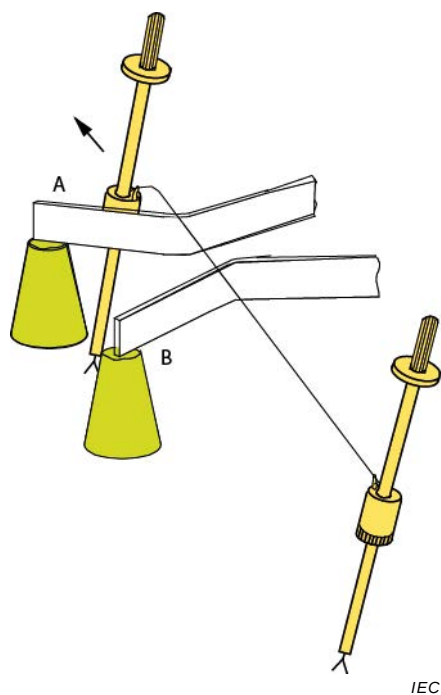
When performing this test, the pole not submitted to the bridging test shall be so positioned, at sufficient distance, that the *connecting lead* is stretched and also tested up to the spread given by the dimension d_2 .

The test shall be considered as passed if no flashover or breakdown occurs.

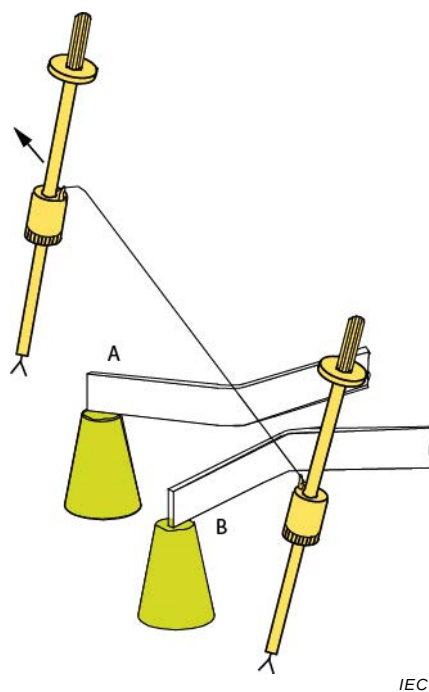
5.3.2.4 Test on the connecting lead

With the *connecting lead* being stretched, both poles shall be held in such a manner that the *connecting lead* lies on both bars at the narrow point d_1 and that one pole lies against the outer side of bar A. With the *connecting lead* still being stretched, the *phase comparator* shall then be moved until the other pole lies against the outer side of bar B (see Figure 13).

The test shall be considered as passed if no flashover or breakdown occurs.



Initial position



Final position

Key

- A bar A
- B bar B

Figure 13 – Bridging test on the connecting lead

5.3.3 Protection against bridging for outdoor type phase comparator

Each pole of the *phase comparator* shall be tested. The *contact electrode* of the not-tested pole is connected to earth.

The pole to be tested shall be fitted with two conductive band electrodes, which have a width as specified in Table 7. These band electrodes are wound around the pole of the *phase comparator*, one at the *contact electrode* and the other in the direction of the handle at a distance d_1 specified in Table 6, column “Outdoor”.

The band electrodes may be shielded by means of concentric rings having the dimensions given in Table 7. The concentric rings shall be electrically connected to the band electrodes.

NOTE In this case, the rings are used to control the electric field around the band electrodes.

Table 7 – Dimensions for the concentric rings and band electrodes

Width of band electrodes mm	Concentric rings	
	Outside diameter mm	Cross-section diameter mm
20	200	30

One band electrode shall be connected to an a.c. voltage source, and the other band electrode shall be connected to earth.

For practical reasons, the band electrode nearest to ground is generally connected to earth and the farthest is connected to the a.c. voltage source.

Precipitation shall be performed in accordance with 5.1.3.

The pole of the *phase comparator* shall be aligned at an angle of inclination of $20^\circ \pm 5^\circ$ to the vertical, in such a way that its *contact electrode* points downwards, and the rain falls at an angle of roughly 45° to the vertical (i.e. at an angle of roughly 65° to the pole of the *phase comparator*) (see Figure 14). The precipitation on the test section should be as uniform as possible.

The pole shall be wetted for 3 min. Then, it shall be turned 180° as quickly as possible, so that the *contact electrode* points upwards, and wetted for an additional 2 min.

Then, the test voltage shall be applied for 1 min while the rain continues.

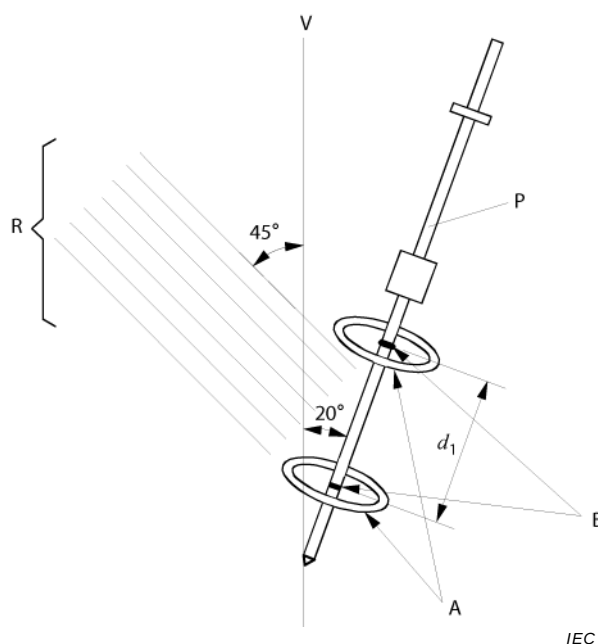
The test voltage shall be $1,2 U_r$.

Bridging tests shall be performed within the limits of the voltage range of the *phase comparator* for each distance d_1 at the highest voltage of each range given by Table 6.

The band electrodes shall be shifted section by section, always maintaining the same distance d_1 , so that the sections overlap by approximately 50 %.

This test shall be repeated until the earthed electrode is at the distance d_3 from the top of the *contact electrode*, with

$$d_3 = A_i + d_1$$



Key

- A ring electrodes
- B conductive band electrodes
- P pole of the *phase comparator*
- R precipitation
- V vertical line

Figure 14 – Test arrangement for testing bridging protection of outdoor type phase comparator

The test shall be considered as passed if no flashover or breakdown occurs.

For a *phase comparator* with the *insertion depth* shorter than d_1 , the test is only made for distance d_1 from the top of the *contact electrode*.

5.3.4 Spark resistance

5.3.4.1 General

For the following test, the *phase comparator* shall be activated.

The test set-up of Figure 9 shall be used for the spark resistance test.

The distance d_1 between bar A and bar B shall be adjusted according to Table 6.

The electrical connections of the bars shall be according to Figure 10.

The test voltage shall be $1,2 U_r$.

5.3.4.2 Type test

The *contact electrode* of one pole shall be connected to the front bar.

The other pole with its *indicator* shall be moved towards the rear bar until its *contact electrode* touches it. Then the pole shall be moved back, remaining in contact with and supported by the front bar and positioned such that the largest standing spark discharge is created between the

contact electrode and the rear bar. This can be achieved by moving the pole along the bars and/or moving angularly the pole relatively to the bars. The *phase comparator* shall be kept in this position for 1 min. If it is not possible to have a permanent spark discharge, the test is completed.

Then the same pole shall be moved again towards the rear bar until its *contact electrode* touches it. Then the pole shall be turned and adjusted in the position which provides the largest standing spark discharge between the *indicator* and the front bar. This can be achieved by moving the pole along the bars and/or moving angularly the pole relatively to the bars. The *phase comparator* shall be kept in this position for 1 min. If it is not possible to have a permanent spark discharge, the test is completed.

The sequence of the test shall be repeated by interchanging the position of the poles.

Finally the *phase comparator* is checked for in-phase relationship according to the instructions for use by touching the rear bar with the two poles.

The test shall be considered as passed if there is no damage to the *phase comparator*, if it is not shut-off and gives *clear indication* of the phase relationship.

5.3.4.3 Alternative means for phase comparators having completed the production phase

The manufacturer shall prove that it has followed the same documented assembly procedure as per the type tested device. The manufacturer shall document components that affect the spark resistance.

5.3.5 Leakage current for phase comparator as a complete device

5.3.5.1 Type test

5.3.5.1.1 General

The two poles of the *phase comparator* shall be submitted to the leakage current test.

This test is related to the part of a pole of the *phase comparator* as a complete device located between the *limit mark* and the *hand guard*.

The pole of the *phase comparator* shall be fitted with two conductive band electrodes, which have a width specified in Table 7. These band electrodes are wound around the pole of the *phase comparator*, one adjacent to the *hand guard* in the direction of the *contact electrode* and the other, directly adjacent to the *limit mark* in the direction of the handle.

The band electrodes shall be shielded by means of concentric rings having the dimensions given in Table 7. The band electrodes and the concentric rings shall be electrically insulated from each other.

NOTE In this case, the rings are used to shield the current measuring circuit of the stray capacitive current.

A test voltage of $1,2 U_r$ shall be applied.

For a *phase comparator* with a *nominal voltage* range the test voltage shall be as defined above and related to the higher value of the *nominal voltage*.

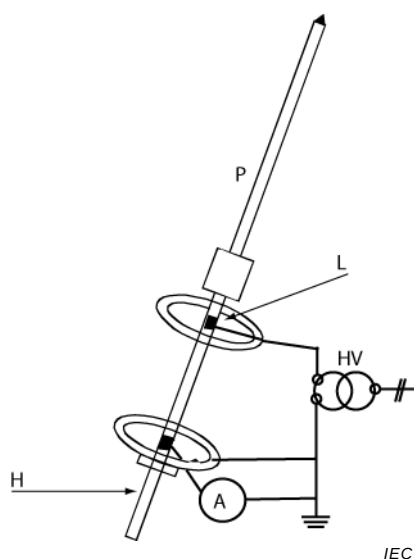
Leakage currents shall be measured according to the following procedure.

5.3.5.1.2 Leakage current under dry conditions

In a first step the leakage current (rms value) shall be measured under dry conditions while the test voltage is applied for 1 min.

The band electrode at the *hand guard* shall be connected to earth through an ammeter by means of an earthed shielded cable. The adjacent concentric ring shall be connected to earth directly. The band electrode and the concentric ring at the *limit mark* shall be connected to the test voltage (see Figure 15).

Provisions should be taken to avoid any unwanted interference with the measurement.



Key

A ammeter

H handle

HV high voltage source

L limit mark

P pole of the phase comparator

Figure 15 – Arrangement for leakage current test under dry conditions for phase comparator as a complete device

The test shall be considered as passed if the leakage current for each pole never exceeds 50 μ A.

5.3.5.1.3 Leakage current under wet conditions for outdoor type

For *outdoor type phase comparators*, a wet test is also required.

Precipitation shall be performed in accordance with 5.1.3.

The rain shall fall at an angle of roughly 45° to the vertical. The precipitation on the test section covering the complete insulating length should be as uniform as possible.

The pole of the *phase comparator* shall be placed on an earthed plane and shall be aligned at an angle of inclination of $20^\circ \pm 5^\circ$ to the vertical, with its *contact electrode* downward (i.e. an angle of roughly 65° between rainfall and the pole of the *phase comparator*). The band electrode near the *limit mark* shall be connected to earth through the ammeter. The *contact electrode* and the concentric ring near the *limit mark* shall be earthed. The band electrode and the concentric ring near the handle shall be connected to the test voltage (see Figure 16a).

The pole of the *phase comparator* shall be wetted for 15 min. While the rain continues, the test voltage shall be applied for 1 min and the leakage current shall be measured. The maximum value of the leakage current shall be recorded.

In order to avoid the measurement of current spikes due to water drops and stream, the ammeter should give at least an averaging time of 1 s and its input should be equipped with an appropriate RC filter cutting frequencies above 240 Hz.

The pole of the *phase comparator* shall then be turned 180°, so that the *contact electrode* points upwards. The band electrode near the handle shall be connected to earth through the ammeter and its adjacent concentric ring shall be earthed. The *contact electrode*, the band electrode and the concentric ring near the *limit mark* shall be connected to the test voltage (see Figure 16b).

The pole of the *phase comparator* shall be wetted for an additional 15 min. While the rain continues, the test voltage shall be applied for 1 min and the leakage current shall be measured. The maximum value of the leakage current shall be recorded.

When performing this test, the pole not submitted to the leakage current test shall be positioned outside the rain zone (where relevant), with its *contact electrode* connected to the *contact electrode* of the tested pole and at a sufficient distance to not interfere with the test.

The test shall be considered as passed if the leakage current for each pole under wet conditions never exceeds 0,5 mA.

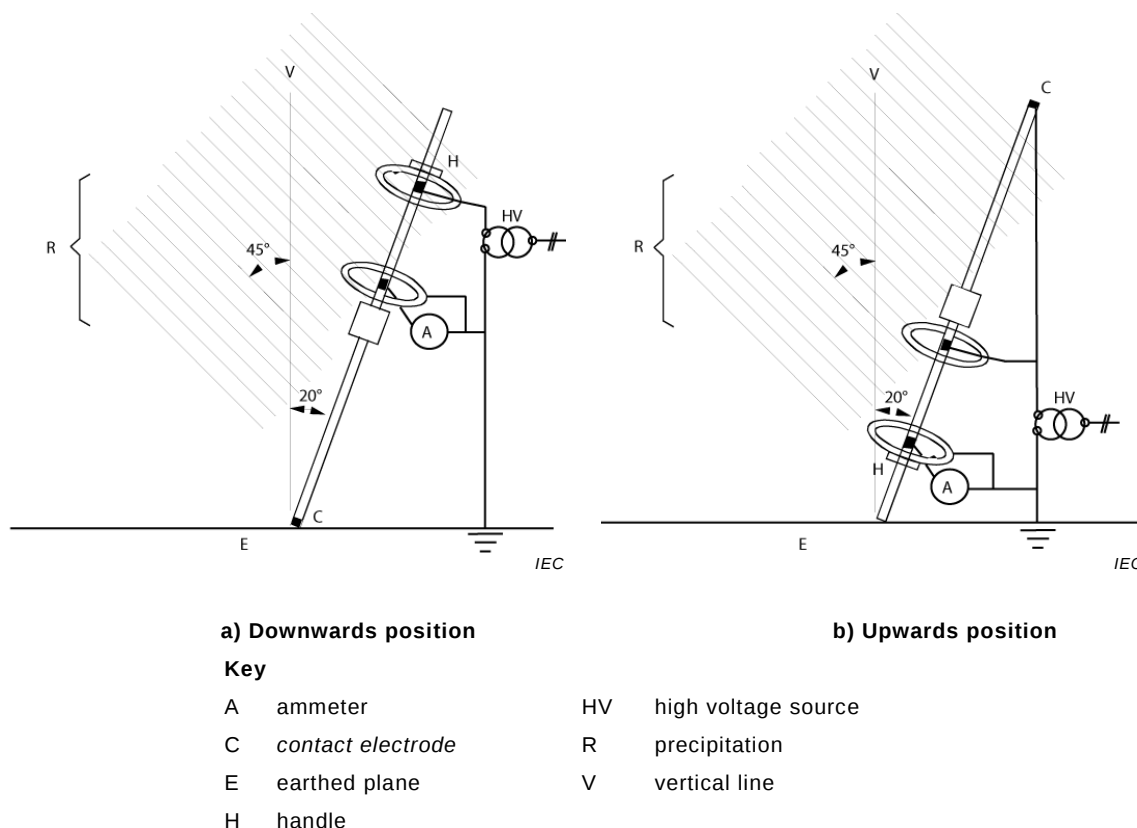


Figure 16 – Arrangement for leakage current tests under wet conditions for phase comparator as a complete device

5.3.5.2 Alternative test for phase comparators having completed the production phase

The manufacturer may use an alternative test set-up to check that the leakage current under dry conditions does not exceed the value given in 5.3.5.1.2.

5.3.6 Dielectric strength of connecting lead

5.3.6.1 Type test

Helical leads shall be stretched; the stretched length shall be considered as the test length.

NOTE The supplier of the *connecting lead* can manage these tests and provide the corresponding reports.

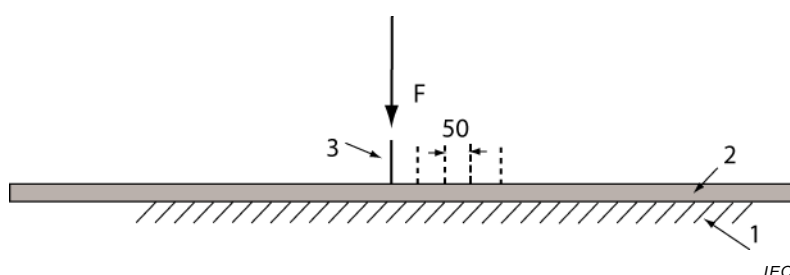
A 3 m long test piece of the *connecting lead* shall be conditioned at the highest temperature according to the climatic category of the *phase comparator* for at least 2 h.

The test piece shall be removed from the climatic chamber and placed immediately on a horizontal, smooth and hard base support. A load of 10 N shall first be applied in the middle of the test piece for 1 min, from above and with an angle of 90° to the long axis by means of a steel cutting edge.

Without turning the test piece around its axis, the load application shall be repeated four times at a distance interval of 50 mm advancing towards one end of the test piece (see Figure 17).

The cutting edge shall be rounded, with a radius of 0,25 mm; it shall have a width of 0,5 mm, a height of at least 10 mm and a length of at least 25 mm.

Dimensions in millimetres



Key

- 1 horizontal, smooth and hard surface
- 2 test piece of *connecting lead*
- 3 steel cutting edge at its initial position (middle length of the test piece)
- F direction of the force

Figure 17 – Test set up for pressure load application

The same test piece of the *connecting lead* and a steel spindle having a diameter of 30 mm shall be conditioned at the lowest temperature according to the climatic category of the *phase comparator* for at least 2 h.

Immediately after removing the test piece and the spindle from the climatic chamber the test piece shall be wound with seven windings closely around the spindle starting from the middle of the test piece in the direction of the previous mechanical stress.

The winding speed shall be approximately one winding in 5 s. The test piece shall be unwound at ambient temperature.

The winding test run shall be repeated nine times, each time with the test piece rotated by an angle of 180° around the long axis.

The test piece of the *connecting lead* shall then be arranged in a loop so that the two ends are electrically connected to one pole of a single-phase test supply; the other pole of the voltage source is connected to the water bath which is put to earth.

The loop shall be immersed in a bath of tap water having a specific resistivity less than or equal to 100 $\Omega\cdot\text{m}$. The length of the immersed portion of the test piece shall be 2 m.

The portion of *connecting lead* above the water shall be such that no flashover occurs along the surface of the lead.

A test voltage of 1,2 U_r shall be applied for 1 min.

The test shall be considered as passed if no puncture occurs in the insulation.

5.3.6.2 Alternative test for connecting lead of phase comparators having completed the production phase

Before assembling the *phase comparator*, the dielectric test of 5.3.6.1 shall be performed without any mechanical or thermal conditioning to verify the dielectric strength of all length of *connecting lead* to be used for production. The length of the *connecting lead* submitted to a test may then be longer than 2 m. The length of the *connecting lead* above the water level shall not be used for production.

5.3.7 Maximum current in case of misuse

5.3.7.1 Type test

The current through the two poles of the *phase comparator* shall be measured with a voltage of 1,2 U_r applied between both *contact electrodes*.

The test shall be considered as passed if the maximum circuit current remains below 3,5 mA rms.

5.3.7.2 Alternative means for phase comparators having completed the production phase

The manufacturer shall prove that it has followed the same documented assembly procedure as per the type tested device. The manufacturer shall document components that affect the circuit current.

5.4 Mechanical tests

5.4.1 Visual and dimensional inspection

5.4.1.1 Visual inspection

The complete *phase comparator* shall be tested for compliance with the relevant requirements of 4.4.1, 4.4.2, 4.4.3, 4.5 and 4.6. It shall be verified that the user does not have access to the settings according to 4.2.1.2.

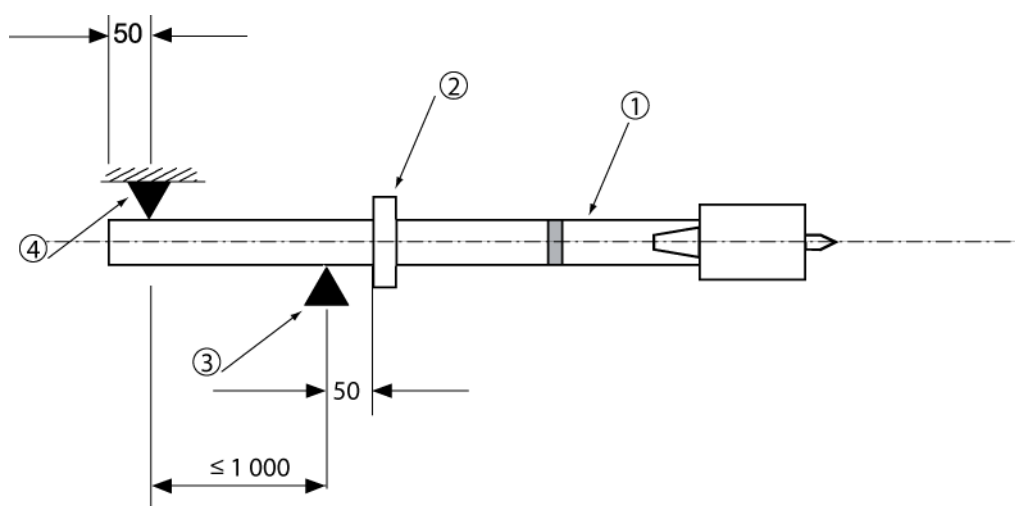
5.4.1.2 Dimensional inspection

The *phase comparator* shall be checked for compliance with the requirements of 4.4.3 and 4.5.

5.4.2 Grip force and deflection for phase comparator as a complete device

Each pole of the assembled *phase comparator* shall be kept in a horizontal position by means of two supports. One support (front support) shall be located 50 mm from the *hand guard*, towards the end of the handle. The other support (rear support) shall be located 50 mm from the end of the handle. The distance between the two supports shall never exceed 1 000 mm (see Figure 18).

Dimensions in millimetres



Key

- | | | | |
|---|-------------------------------------|---|---------------|
| 1 | pole of the <i>phase comparator</i> | 3 | front support |
| 2 | <i>hand guard</i> | 4 | rear support |

Figure 18 – Test for grip force

The grip force shall be measured at the front support and shall be less than 200 N.

In the test position described above, the deflection of each pole shall be measured. The value shall not exceed 10 % of the total length of each pole.

5.4.3 Robustness of connecting lead and connections

5.4.3.1 Type test

5.4.3.1.1 Test set-up

The pole of the *phase comparator* shall be fastened perpendicular to its long axis such that it can oscillate in the vertical plane. It shall be fastened so that the centre of rotation is situated 20 mm above the point of emergence of the *connecting lead*. The pole of the *phase comparator* shall be positioned so that the direction of the emergence of the lead is at an angle of 50° to the vertical. This corresponds to the static position of the pole of the *phase comparator*.

The lead shall be loaded with an acting force of 10 N at a point approximately 200 mm below the point at which the lead emerges from the pole of the *phase comparator* (see Figure 19a).

When both poles of the *phase comparator* are equipped with the same design of connector, the test does not need to be performed on both poles.

5.4.3.1.2 Test in the vertical plane

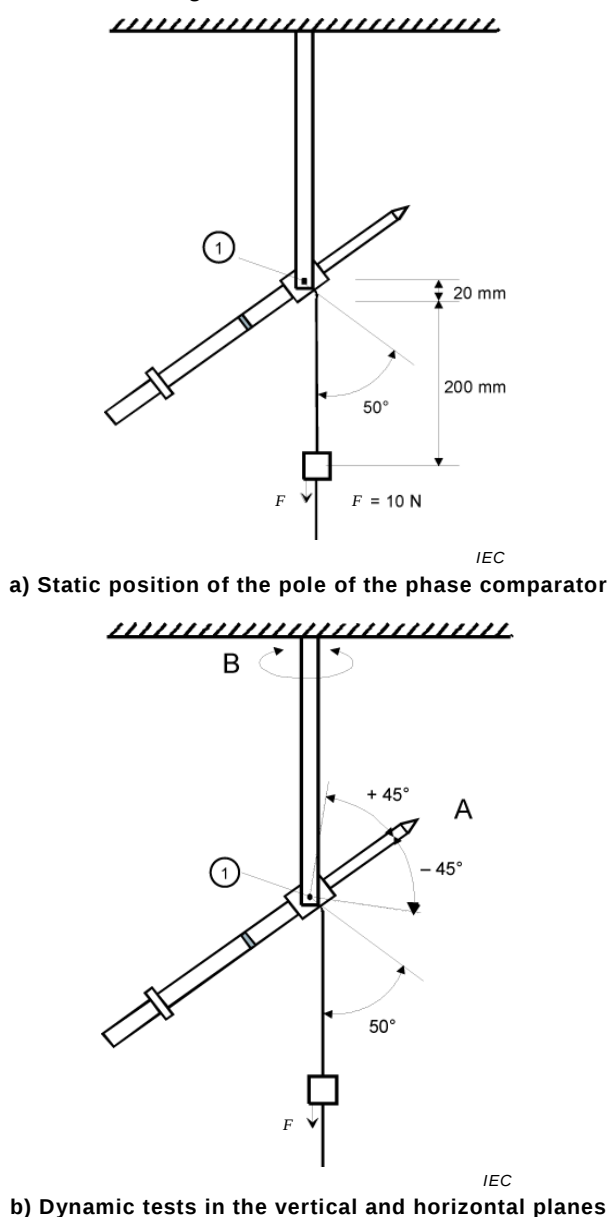
From the position described in 5.4.3.1.1, the fastened pole of the *phase comparator* shall be oscillated through an angle of $\pm 45^\circ$ (see Figure 19b and corresponding arrows). Ten thousand oscillations with a period of 0,5 s to 1,0 s shall be carried out.

This part of the test shall be considered as passed if there is no visible damage to the pole of the *phase comparator* or its *connecting lead*.

5.4.3.1.3 Test in the horizontal plane

The test of 5.4.3.1.2 shall be repeated but with an axis of rotation that coincides with the long axis of the vertical support (see Figure 19b and corresponding arrows).

This part of the test shall be considered as passed if there is no visible damage to the pole of the *phase comparator* or its *connecting lead*.



Key

- F force of 10 N
- 1 fastening point
- A oscillations relative to 5.4.3.1.2
- B oscillations relative to 5.4.3.1.3

Figure 19 – Test set-up for the robustness of connecting lead and connections

5.4.3.2 Alternative means for phase comparators having completed the production phase

It is not practical to perform the test for robustness of *connecting lead* after completing the production phase for checking the conformity to the associated requirements. Nevertheless the manufacturer shall prove that it has followed the same documented assembly procedure as per the type tested device. The manufacturer shall document components that affect the robustness of the connecting lead and connections.

5.4.4 Vibration resistance

5.4.4.1 Type test

The test shall be performed on each pole.

The test method shall be in accordance with IEC 60068-2-6.

In the case of a *phase comparator* as a separate device the pole shall be tested without an attachable *insulating stick*. In the case of a *phase comparator* as a complete device the pole shall be tested without its *insulating element* (if possible). The pole of the *phase comparator* shall be fastened to the vibrator by rigid intermediate parts which shall not affect the test results.

To attenuate any large amplitude oscillations which may be induced in the *contact electrode* during the test, the free ends of the electrodes shall be fastened to the rigid part.

The assembly shall be submitted to sinusoidal rectilinear vibrations in two perpendicular directions, one of which corresponds to the long axis of the pole of the *phase comparator*.

The sweep (run of the specified frequency range, once in each direction) shall be continuous and the sweeping rate shall be approximately one octave per minute. The frequency range shall be from 10 Hz to 150 Hz.

The amplitude and acceleration shall be as follows:

- 0,15 mm peak value between 10 Hz and 58 Hz;
- 19,6 m/s² (2 g) peak value between 58 Hz and 150 Hz.

The duration of the test shall be set for 2 h in each direction.

The test shall be considered as passed if the pole of the *phase comparator* shows no signs of mechanical damage.

5.4.4.2 Alternative means for phase comparators having completed the production phase

It is not practical to perform the vibration test after completing the production phase for checking the conformity to the associated requirements. Nevertheless the manufacturer shall prove that it has followed the same documented assembly procedure as per the type tested device. The manufacturer shall document components that affect the vibration resistance.

5.4.5 Drop resistance

5.4.5.1 Type test

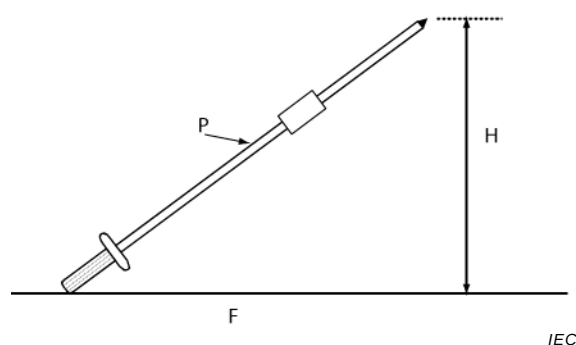
The test shall be done simultaneously with both poles.

The test shall be performed in accordance with free fall, procedure 1, of IEC 60068-2-31 with the following parameters:

- the test surface shall be concrete or steel. The test surface shall be smooth, hard and rigid;
- the poles of the *phase comparator* shall be dropped from horizontal, and from diagonal static positions;
- the height of fall shall be 1 m from the horizontal position;
- the height of fall shall be 1 m plus 20 % of the overall length of the *phase comparator* for the diagonal position. For the diagonal position, the height of fall shall be the distance between the end of the *contact electrode*, projected onto a vertical axis, and the floor (see Figure 20). In case of the pole of the *phase comparator* with overall length lower than 1,2 m, the *phase comparator* shall be dropped from the vertical position with the *contact electrode* upward;
- the number of falls shall be one per position.

The test shall be considered as passed if the poles of the *phase comparator* show no signs of mechanical damage even if the *contact electrode* is bent without destruction.

If the *insulating stick* is not provided, the test shall be performed with an *insulating stick* having the minimum constructive dimensions specified in 4.4.3.



Key

- P pole of a *phase comparator*
H height of fall
F test surface (floor)

Figure 20 – Drop resistance test – Diagonal position

5.4.5.2 Alternative means for phase comparators having completed the production phase

It is not practical to perform the vibration test after completing the production phase for checking the conformity to the associated requirements. Nevertheless the manufacturer shall prove that it has followed the same documented assembly procedure as per the type tested device. The manufacturer shall document components that affect the drop resistance.

5.4.6 Shock resistance

5.4.6.1 Type test

The test is designed to check the sturdiness of the *phase comparator*. The test method shall be in accordance with IEC 60068-2-75, pendulum method.

The most fragile part of the *phase comparator* shall be submitted to shock five times. The same location on the most fragile part shall be shocked only once.

The impact energy shall be 5 J.

The test shall be considered as passed if the *phase comparator* shows no sign of mechanical damage.

5.4.6.2 **Alternative means for phase comparators having completed the production phase**

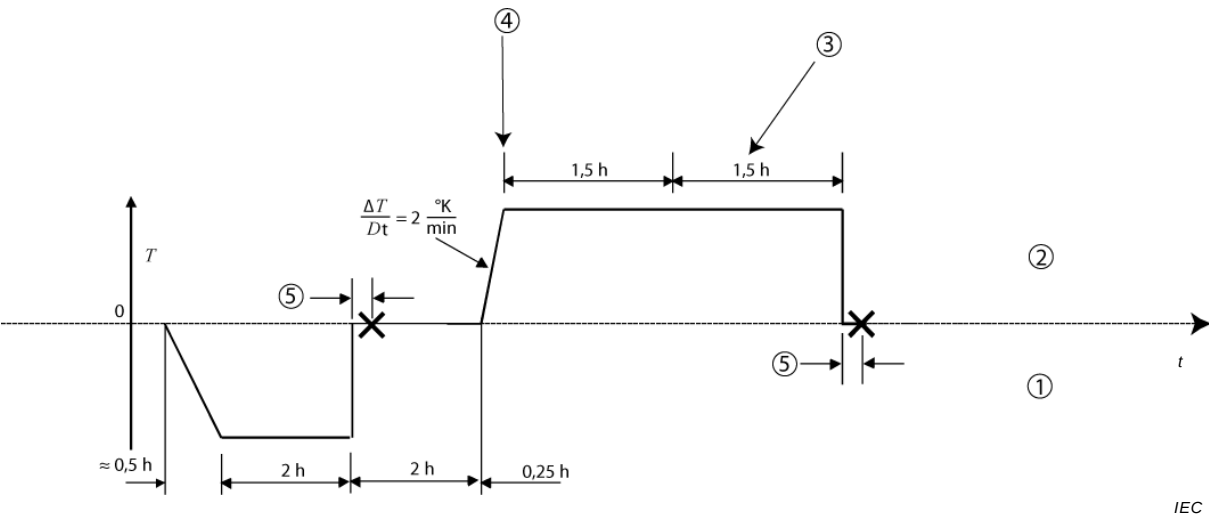
It is not practical to perform the vibration test after completing the production phase for checking the conformity to the associated requirements. Nevertheless the manufacturer shall prove that it has followed the same documented assembly procedure as per the type tested device. The manufacturer shall document components that affect the shock resistance.

5.4.7 **Climatic resistance**

5.4.7.1 **Type test**

Before this test, each pole of the *phase comparator* shall be cleaned with isopropanol and then dried in air for 15 min.

The test shall be performed at least on the *indicator*, and on the *resistive element* of each pole, in accordance with IEC 60068-2-14, except for the temperature cycles and time relative to humidity. In this case, the test cycle shall be in accordance with the following (see Figure 21). The test is performed simultaneously on both poles.



Key

- | | | | |
|----------|------------------|---|-----------------------------|
| X | test point | 3 | humidity 96 % |
| 1 | low temperature | 4 | humidity 50 % |
| 2 | high temperature | 5 | 5 min to 10 min time period |

Figure 21 – Curve of test cycle for climatic resistance

The parts of the *phase comparator* submitted to climatic conditioning shall be placed in a climatic chamber. The temperature of the chamber is lowered from the ambient temperature to the required low value according to the climatic category of the *phase comparator* (see Table 1). The temperature of the chamber shall be maintained for 2 h.

The parts of the *phase comparator* submitted to climatic conditioning shall then be removed from the climatic chamber and within 5 min to 10 min following the withdrawal, the *phase comparator* shall be assembled and the test shall be carried out according to 5.2.2, test series 1 and 2, at ambient temperature. Wiping of external parts is allowed.

The parts of the *phase comparator* submitted to climatic conditioning shall be kept at ambient temperature for 2 h.

The parts of the *phase comparator* submitted to climatic conditioning shall next be placed in the climatic chamber and the temperature shall be increased 2 K/min until it reaches the high value according to the climatic category of the *phase comparator* (see Table 1). The relative humidity shall be maintained at 50 %.

The chamber shall be kept at the high temperature for 3 h. During the first hour and half, the relative humidity shall be increased from 50 % to 96 %.

The parts of the *phase comparator* submitted to climatic conditioning shall then be removed from the climatic chamber and within 5 min to 10 min following the withdrawal, the *phase comparator* shall be assembled and the test shall be carried out according to 5.2.2, test series 1 and 2, at ambient temperature. Wiping of external parts is allowed.

The test shall be considered as passed if the *phase comparator* always gives correct indications.

NOTE This test procedure combines conditions of steady extreme temperatures and sudden change of temperature, since it is not practical to perform high voltage tests in a climatic chamber.

5.4.7.2 Alternative means for phase comparators having completed the production phase

It is not practical to perform the test under climatic conditions after completing the production phase for checking the conformity to the associated requirements. Nevertheless the manufacturer shall prove that he has followed the same documented assembly procedure as per the type tested device. The manufacturer shall document components that affect the climatic performance.

5.4.8 Durability of markings

The markings shall be rubbed successively with a rag soaked in water for at least 1 min, then with another rag soaked in isopropanol for another minimum of 1 min.

The test is considered as passed if the markings remain legible and the letters do not smear.

The surface of the *phase comparator* may change. No signs of loosening shall be present for labels.

Marking produced by an engraving or moulding process shall be deemed to comply without test.

5.5 Test for reasonably foreseeable misuse during live working

5.5.1 Voltage selection (where relevant)

The voltage selector of the *phase comparator* shall be switched at the lowest position. The test for *clear indication* shall be performed at the highest *nominal voltage* of the voltage ranges.

The test shall be considered as passed if the device gives no incorrect indication, and no phenomenon occurs which could cause a danger to the user.

5.5.2 Frequency selection (where relevant)

The frequency selector of the *phase comparator* shall be switched at 50 Hz position. The test for *clear indication* shall be performed at 60 Hz.

The test shall be considered as passed if the device gives no indication, and no phenomenon occurs which could cause a danger to the user.

6 Conformity assessment of phase comparators having completed the production phase

For conducting the conformity assessment during the production phase, IEC 61318 shall be used in conjunction with the present standard.

Annex D, developed from a risk analysis on the performance of the *phase comparator*, provides the classification of defects and identifies the associated tests applicable in the case of production follow-up.

7 Modifications

Any modification of the *phase comparator* shall require:

- a repeat of the type tests, in whole or in part (if the degree of modification so justifies),
- an update of *phase comparator* reference literature.

Annex A (normative)

Instructions for use

Instructions for use that contain all the information necessary for the use and care of the *phase comparator* shall be supplied with every *phase comparator*.

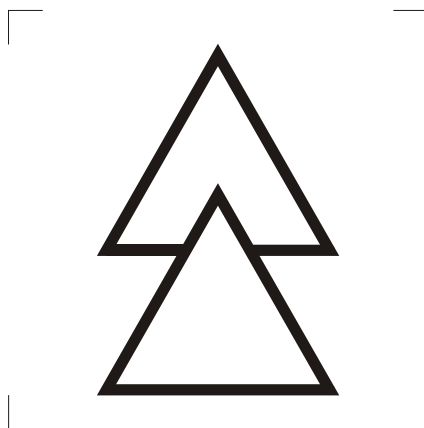
These include, where applicable, the following as a minimum:

- information that the *phase comparators* are designed to be used by trained or skilled persons and in accordance with the hot stick working method;
- statement that a *phase comparator* as covered by this standard is to be used on parts at the same voltage and the same frequency;
- statement that a *phase comparator* as covered by this standard is not to be used as a voltage detector;
- explanation of the marking;
- instructions for proper usage;
- for *phase comparators* with any selector, explanation of correct selection, possible misuse and its consequences;
- statement and explanation of the maximum time rating;
- explanation of the assembly of the *phase comparator* (if relevant);
- explanation of the *limit mark* and the *hand guard*;
- significance of the indication signals;
- explanation of the proper use of the *testing element* and statement of any limitations (for example, when the *testing element* is not testing all circuits);
- explanation of marking “LU” and its purpose concerning the proper use;
- explanation concerning the possible use of *accessories* especially the use of a *contact electrode extension*;
- identification of *accessories* and combination of *accessories* that have been submitted with the *phase comparator* to the type test;
- explanation concerning the possible effect of *accessories* on the performances of the *phase comparator* especially the use of different *contact electrodes* and *contact electrode extensions*;
- statement concerning the possible use on factory-assembled switchgear;
- explanation concerning the limits within which the voltage of the parts of the installation to be compared may vary giving at the same time a *clear indication*;
- statement concerning possible effects of *interference field*;
- statement concerning the duration that the *phase comparator* may be in contact with installations while exposed to precipitation;
- in the case of a *phase comparator* as a separate device, a statement that the choice of an *insulating stick* may greatly influence the grip force and deflection;
- instructions for storage and care;
- instructions for periodic *maintenance tests*;
- instructions for transport;
- statement concerning which parts of the *phase comparator* can be replaced by the user and what parameters shall be maintained in doing so;

- statement concerning the type, the minimum length of the *insulating element* and the dielectric properties of the *insulating stick* that has to be used in conjunction with the *phase comparator* as a separate device;
- statement regarding the d.c. indication.

Annex B
(normative)

Suitable for live working; double triangle
(IEC 60417 – 5216 (2002-10))



Annex C (normative)

Chronology of type tests

Table C.1 – Sequential order for performing type tests^a

Sequential order	Type tests	Subclauses	Requirements
1	Visual and dimensional inspection	5.4.1	4.1, 4.2.1.1, 4.4.2, 4.4.3, 4.5, 4.6
2	Vibration resistance	5.4.4.1	4.4.5
2	Drop resistance	5.4.5.1	4.4.6
2	Shock resistance	5.4.6.1	4.4.7
2	Robustness of <i>connecting lead</i> and connections	5.4.3.1	4.4.3
3	<i>Clear indication</i>	5.2.2	4.2.1
4	Climatic resistance	5.4.7.1	4.2.3
4	Frequency dependence	5.2.6.1	4.2.4
4	Power source dependability (or out of sequence)	5.2.8.1	4.2.6
5	<i>Protection against bridging for indoor/outdoor type phase comparator</i>	5.3.2	4.3.2, 4.3.7
5	<i>Protection against bridging for outdoor type phase comparator</i>	5.3.3	4.3.2, 4.3.7
6	Sparks resistance	5.3.4.2	4.3.3
7	Time rating	5.2.10.1	4.2.8 4.3.4
8	Check of <i>testing element</i>	5.2.9.1	4.2.7
8	Influence of electric <i>interference fields</i>	5.2.4	4.2.1.4
9	Leakage current under dry conditions for a <i>phase comparator</i> as a complete device	5.3.5.1.2	4.3.5.2
10	Leakage current under wet conditions for an <i>outdoor type phase comparator</i> as a complete device	5.3.5.1.3	4.3.5.2
11	Voltage selection in the case of misuse	5.5.1	4.7.1
11	Frequency selection in the case of misuse	5.5.2	4.7.2
^a Type tests with the same sequential number can be performed in the more convenient order.			

Table C.2 – Type tests out of sequence

Type tests	Subclauses	Requirements
Durability of marking	5.4.8	4.5
Grip force and deflection for <i>phase comparator</i> as a complete device	5.4.2	4.4.4
Dielectric strength of <i>connecting lead</i>	5.3.6.1	4.3.8, 4.4.3
<i>Clear perceptibility</i> of visual indication	5.2.5.1.1	4.2.2.1
<i>Clear perceptibility</i> of audible indication (if available)	5.2.5.2.1	4.2.2.2
<i>Response time</i>	5.2.7.1	4.2.5
EMC	5.2.3.1	4.2.1.6
Insulating materials (for tubes and rods used for <i>phase comparator</i> as a complete device)	5.3.1.1	4.3.1
Circuit current	5.3.7.1	4.3.6

Annex D (normative)

Classification of defects and tests to be allocated

Annex D was developed to address the type of defects of a manufactured *phase comparator* (critical, major or minor) in a consistent manner (see IEC 61318). For each requirement identified in Table D.1, both the type of defect and the associated test are specified. Annex F defines the rationale for the classification of defects.

Table D.1 – Classification of defects and associated requirements and tests

Requirements		Type of defects			Test
		Critical	Major	Minor	
4.4.3	Minimum length of the <i>insulating element</i> for a <i>phase comparator</i> as a complete device	X			5.4.1.2
4.5	Correctness of the marking of the <i>phase comparator</i>	X			5.4.1.1
4.3.5.2	Leakage current along the <i>insulating element</i> of a <i>phase comparator</i> as a complete device	X			5.3.5.2
4.2.1	<i>Clear indication</i> of the status of the phase relationship	X			5.2.2
4.2.1.3	Effect of <i>interference fields</i> (continuous indication)	X			^b
4.3.2	<i>Protection against bridging</i> for indoor/outdoor type <i>phase comparator</i>	X			5.3.2
	<i>Protection against bridging</i> for outdoor type <i>phase comparator</i>	X			5.3.3 ^a
4.3.3	Spark resistance		X		5.3.4.3
4.2.5	<i>Response time</i> for <i>phase comparators</i> with one active signal	X			5.2.7.2
	<i>Response time</i> for <i>phase comparators</i> with two active signals			X	
4.2.4	Frequency dependence	X			5.2.6.2
4.2.3	Temperature and humidity dependence of the indication	X			5.4.7.2
4.2.2	<i>Clear perceptibility</i> : only visual		X		5.2.5.1.2
	<i>Clear perceptibility</i> : visual and audible			X	5.2.5.2.2
4.4.5	Vibration resistance	X			5.4.4.2
4.4.6	Drop resistance	X			5.4.5.2
4.4.7	Shock resistance	X			5.4.6.2
4.2.7	Functioning of the <i>testing element</i>		X		5.2.9.2
4.2.6	Power source dependability	X			5.2.8.2
4.2.1.6	EMC emission EMC immunity	X		X	5.2.3.2
4.2.8	Time rating	X			5.2.10.2
4.5	Marking: availability and durability		X		5.4.1.1 5.4.8
4.4.4	Grip force and deflection			X	5.4.2
4.6	Instructions for use (availability)		X		5.4.1.1
4.3.1	Insulating material for tubes and rods of <i>phase comparator</i> as complete device	X			5.3.1.2

Requirements		Type of defects			Test
		Critical	Major	Minor	
4.3.4	<i>Resistive element</i>	X			5.2.10.2
4.3.6	Circuit current	X			5.3.7.2
4.3.7	<i>Indicator casing</i> (dielectric property)	X			5.3.2 5.3.3 ^a
4.3.8 4.4.3	Insulation of <i>connecting lead</i>	X			5.3.6.2
4.4.3	Robustness of <i>connecting lead</i> and connections	X			5.4.3.2
^a For <i>outdoor type phase comparators</i> the tests are performed in dry conditions only. ^b At the production level there is no need to perform a test associated with this requirement. The confirmation of the <i>clear indication</i> according to 5.2.2 confirms the correctness of the performance of the device to give a correct indication under the <i>interference field</i> .					

Annex E (informative)

Information and guidelines on the use of the limit mark and of a contact electrode extension

E.1 General

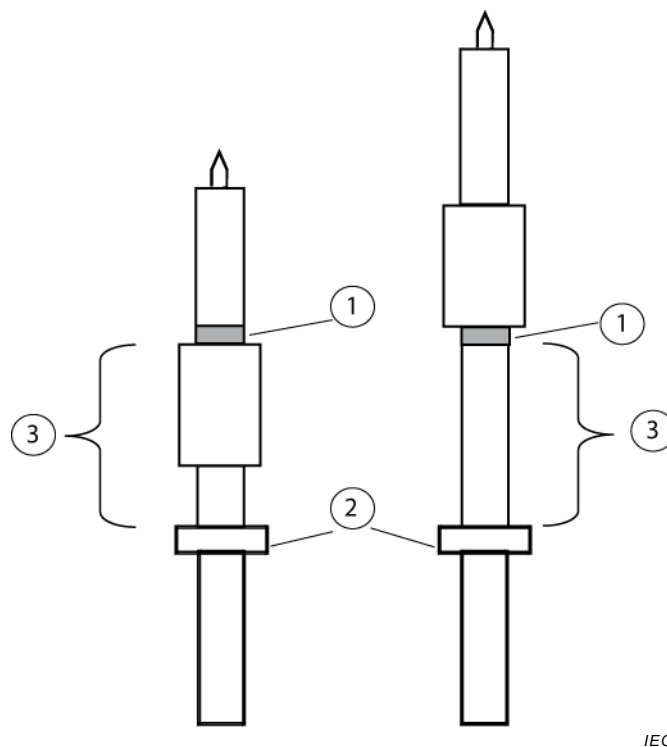
Annex E aims at providing additional information on the purpose and use of the *limit mark*, which is a mandatory part of a *phase comparator* as a complete device, and of the *contact electrode extension* which is an *accessory* to a *phase comparator*.

E.2 Situation when using a phase comparator as a complete device

As defined in Clause 3 of this standard, the *limit mark* is a distinctive location or mark to indicate to the user the physical limit to which the *phase comparator* may be inserted between live parts or may touch them.

The worker handling a *phase comparator* as a complete device is provided with an adequate insulation by the *insulating element* which is defined by the distance between the *limit mark* and the *hand guard* (see Figure E.1).

This standard specifies a minimum length of the *insulating element* of a *phase comparator* as a complete device (Table 2). A user may specify a longer length.



IEC

Key

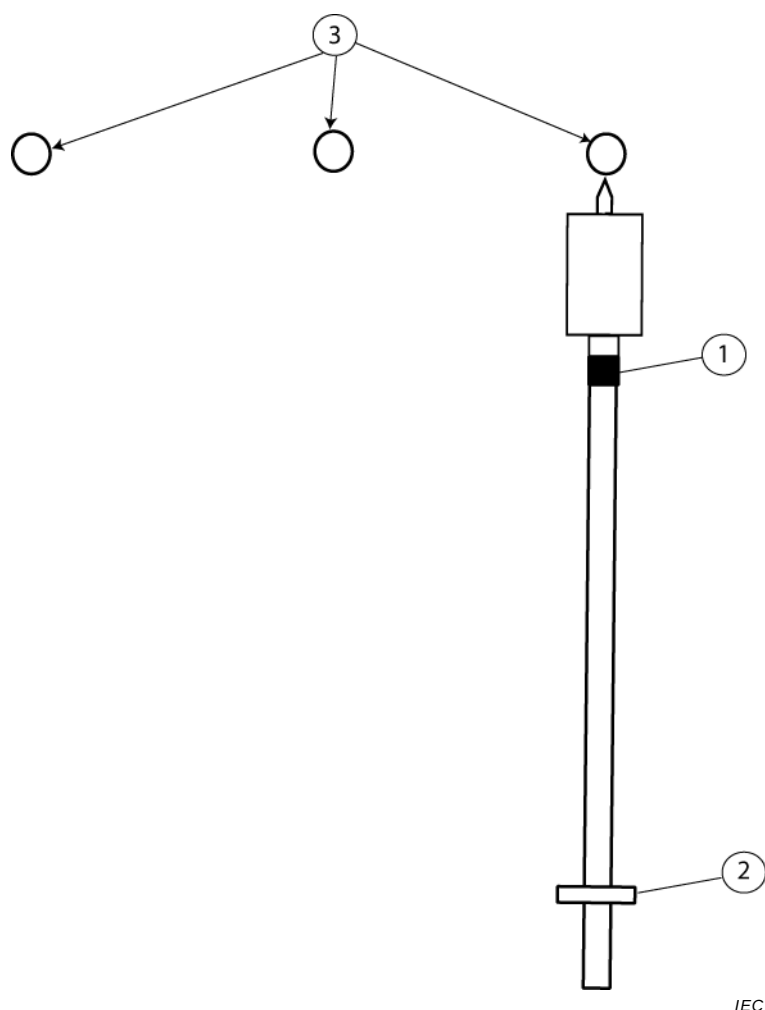
- 1 *limit mark*
- 2 *hand guard*
- 3 *insulating element*

**Figure E.1 – Insulation element of a pole of a phase comparator
as a complete device**

When handling a *phase comparator* near live parts of an electrical installation, the worker should always make sure that the device will approach the live parts in a way to not shorten in any unsafe manner the insulation distance between the *limit mark* and the *hand guard*.

The *limit mark* is a physical way to indicate to the worker the limit of insertion of the device between live parts. Any live part contacting the *phase comparator* in any location between the *limit mark* and the *hand guard* will shorten the insulation distance.

When the worker positions the *phase comparator* right under a live part, with no obstacles in between (see Figure E.2), the *limit mark* has no significant use.



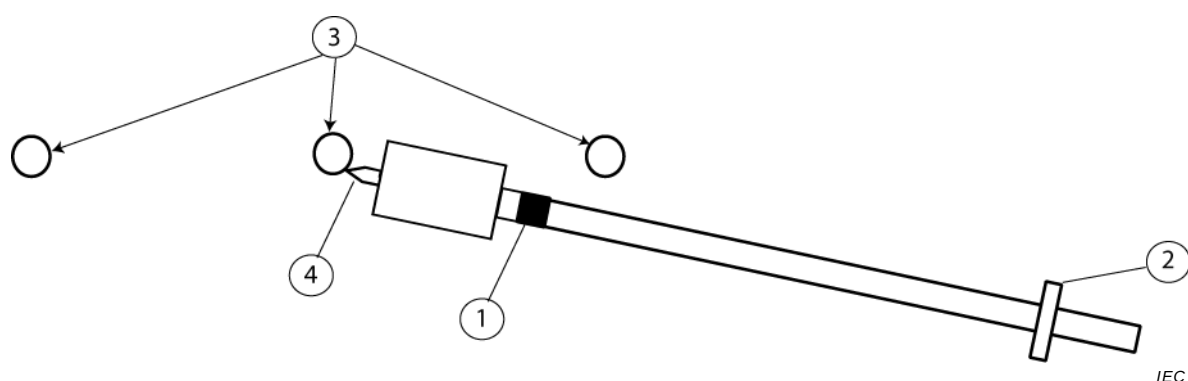
IEC

Key

- 1 *limit mark*
- 2 *hand guard*
- 3 *live parts*

Figure E.2 – Example of positioning of a pole of a phase comparator in contact with a live part without obstacles from other live parts

However, in some installation configurations, the worker may have to approach a live part by positioning the *phase comparator* close to another live part, under or over it. In such a situation, to have the *limit mark* going between the live parts would reduce the insulation distance (see Figure E.3), a situation which must be avoided.

**Key**

- 1 *limit mark*
- 2 *hand guard*
- 3 *live parts*
- 4 *contact electrode*

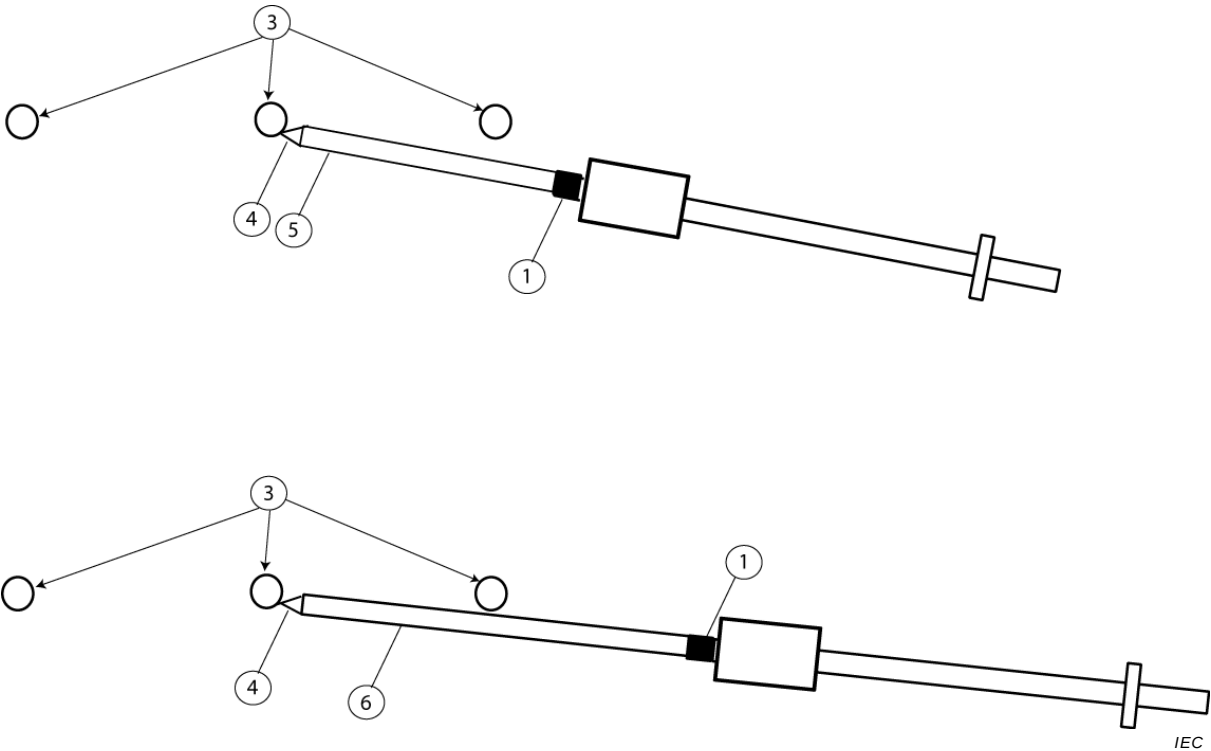
Figure E.3 – Example of incorrect positioning of a pole of a phase comparator with the limit mark between two live parts

To avoid such situation, the distance between the *contact electrode* and the *limit mark* of the *phase comparator* has to be extended in such a way that it exceeds the usual distances between live parts for a given operating voltage.

Two usual ways for achieving that are

- the use of a suitable length of the *resistive element* by a proper selection of the device, or
- the use of a *contact electrode extension* as an *accessory* to the *phase comparator*.

Both ways are illustrated in Figure E.4.



- Key**
- 1 limit mark
 - 3 live parts
 - 4 contact electrode
 - 5 resistive element
 - 6 contact electrode extension

Figure E.4 – Usual ways of managing the selection or the use of the phase comparator for maintaining the insulation distance between the limit mark and the hand guard

For the design of a proper length of *insulating element*, Table E.1 provides recommended minimum distances from the *limit mark* to the *contact electrode* identified as the *insertion depth* (A_i) for different values of *nominal voltages*.

Table E.1 – Recommended minimum lengths from the limit mark to the contact electrode (A_i)

U_n kV	A_i mm
$1 < U_n \leq 12$	300
$12 < U_n \leq 24$	450
$24 < U_n \leq 36$	600
NOTE The values are selected in consideration of the extension that is necessary for the usual construction type of three-phase systems. In certain circumstances, larger lengths may be required and agreed between manufacturer and customer.	

E.3 Situation when using a phase comparator as a separate device

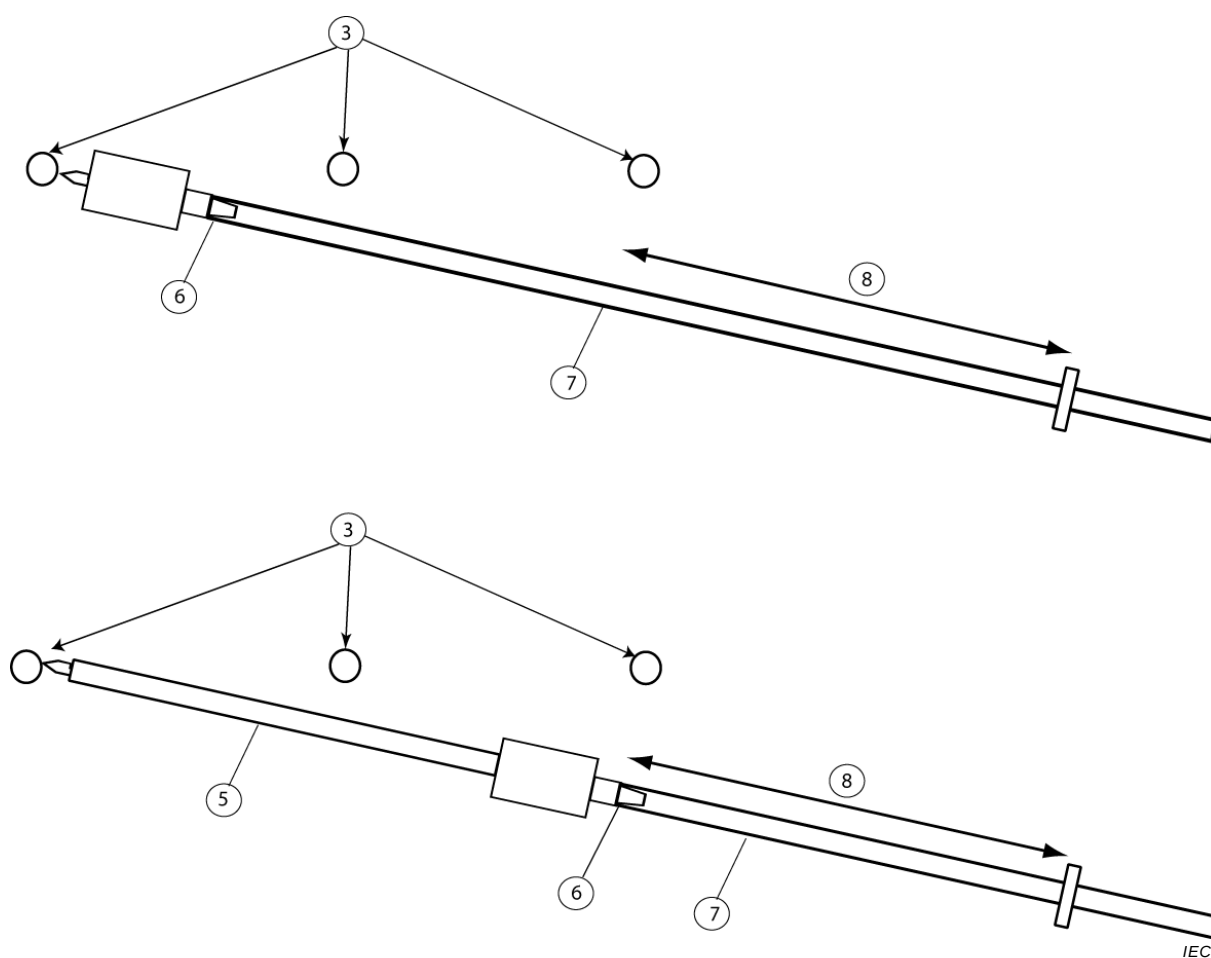
Each pole of a *phase comparator* as a separate device is equipped with an *adaptor* to permit its attachment to an *insulating stick*. The *insulating stick* is a separate tool, and its general performance, as well as its length, is the responsibility of the user.

In a certain way, the *adaptor* of a *phase comparator* as a separate device may be associated to the *limit mark* of a *phase comparator* as a complete device in the sense that the insulation of the worker will be provided by the *insulating element* of the *insulating stick* that is identified as the distance between the *adaptor* and the *hand guard* of the *insulating stick*.

However, while the *insulating element* of a *phase comparator* as a complete device is of a determined length corresponding to the design of the manufacturer, the length of the *insulating stick* and the determination of the distance between the *adaptor* and the *hand guard* of the stick are the responsibility of the users and may be influenced by the working procedures.

When managing the positioning of the *phase comparator* between live parts, the user has two possible ways to achieve that:

- the use of a *contact electrode extension* as an *accessory* to the *phase comparator*,
- the use of an *insulating stick* of a length longer than the minimum length of insulation towards the hand guard that will allow the *adaptor* of the *insulating stick* to be between live parts (see Figure E.5)

**Key**

- 3 live parts
- 5 contact electrode extension
- 6 adaptor
- 7 insulating stick of the appropriate length
- 8 minimum length of insulation (under the responsibility of the users and influenced by the working procedures)

Figure E.5 – Usual ways of managing the use of the phase comparator as a separate device for assuring the appropriate insulation for the worker

Annex F (informative)

Rationale for the classification of defects

Annex F provides the rationale for the classification of defects specified in Annex D. For a brand new *phase comparator*, Table F.1 presents the justification for the type of defect associated with a lack of compliance with each of the requirements included in the standard.

This analysis takes into consideration that the *phase comparators* are used by persons trained for the work, in accordance with the hot stick working method and the instructions for use.

Table F.1 – Rationale for the classification of defects

Requirement	Justification for the associated defect specified in Annex D
Critical defects	
Minimum length of the <i>insulating element</i> (<i>phase comparator</i> as a complete device)	A shorter length of the <i>insulating element</i> can result in an unacceptable value of leakage current and/or can lead to a breakdown during use.
Leakage current (<i>phase comparator</i> as a complete device)	The <i>insulating element</i> of a <i>phase comparator</i> as a complete device is the protection of the worker during each use of the device. On a brand new device a value of leakage current above the limit is a hazard for the initial worker.
Clear indication of the status of the phase relationship	If the <i>phase comparator</i> gives a false indication (for example "Correct" instead of "Incorrect") it can lead to a hazardous situation.
Effect of <i>interference fields</i> (continuous indication)	If the <i>phase comparator</i> gives a false indication (for example "Correct" instead of "Incorrect") it can lead to a hazardous situation.
Electromagnetic – Immunity	If the <i>phase comparator</i> does not fulfil the immunity requirements, it can give wrong indications.
Temperature and humidity dependence of the indication	If the <i>phase comparator</i> does not work properly in its temperature range, it could give a false indication and lead to a hazardous situation for the worker.
Frequency dependence	If the <i>phase comparator</i> does not work properly in its frequency range, it can give a false indication and lead to a hazardous situation for the worker.
Response time only for <i>phase comparators</i> with one active signal	If for any reasons the <i>response time</i> becomes longer than 1 s, the worker could conclude a non answer as an indication. This could lead to a hazardous situation for the worker.
Power source dependability	The purpose of this requirement is to ensure that the <i>phase comparator</i> will indicate properly until the built-in power source is exhausted. If not it could give an incorrect indication and lead to a hazardous situation.
Insulating material for tubes and rods of <i>phase comparator</i> as complete device	The good dielectric performance of the insulating material for tubes and rods used for complete devices guarantees the protection of the worker during each use of the device.
Protection against bridging	This would be hazardous for the user to have the <i>phase comparator</i> initiate a fault between two parts at different potential. Of course the users would not be in the direct circuit of the arc but may be close enough to suffer from the arc by-products.
Resistive element	If the resistors are not adequately rated with respect to voltage and power, that can lead to a hazardous situation (i.e. initiate a fault between two phases) or indicate a false indication (i.e. "correct phase relationship" in case of an open circuit)
Circuit current in case of misuse	If the current is not limited to 3,5 mA it could lead to a hazardous situation in case of misuse.

Requirement	Justification for the associated defect specified in Annex D
Critical defects (cont.)	
Indicator casing	If the material and dimensioning of the <i>indicator</i> casing are not adequately rated with respect to voltage and power, that can lead to a hazardous situation.
Insulation of <i>connecting lead</i>	If the insulation of the lead is not ensured it could lead to a hazardous situation for the workers. For example: In the case of bad insulation along a <i>connecting lead</i> making contact with parts of the installation at different potentials there is a possibility of short-circuit.
Marking – correctness	An incorrect marking, for example a wrong <i>nominal voltage</i> or a wrong operational class, could result in a hazardous situation.
Time rating	If a <i>phase comparator</i> does not respect the time rating, it could result in a short-circuit (example: defect of a resistor) and can lead to hazardous situation.
Circuit current in case of a defect of the <i>connecting lead</i>	If the current is higher than 3,5 mA, in the case of a defect of the <i>connecting lead</i> it could lead to a hazardous situation.
Robustness of <i>connecting lead</i> and connections	If the <i>connecting lead</i> is damaged it could give an incorrect indication and can lead to a hazardous indication.
Vibration resistance	If a brand new device does not have a good mechanical performance to drop, shock and vibration, it can lead to an internal defect which can cause hazardous situations.
Drop resistance	
Shock resistance	
Major defects	
<i>Clear perceptibility</i> : only visual	If the worker cannot see the visual indication, the worker cannot conclude.
<i>Testing element</i> (non functioning)	If the <i>testing element</i> does not function, the worker will become aware of that during the test. This results in a non availability of the <i>phase comparator</i> .
Instructions for use	A <i>phase comparator</i> without its instructions for use is an incomplete product and should not be used.
Protection against sparking	If a <i>phase comparator</i> does not respect this requirement, some elements could be destroyed. The device does not work any more. That reduces significantly the functionality of the product.
Marking: availability and durability	If the marking is not available or is impaired the worker will not use the <i>phase comparator</i> .
Minor defects	
Electromagnetic – emission	If the <i>phase comparator</i> does not fulfil the emission requirements, it will (perhaps) affect other devices in the vicinity but it will not affect the <i>phase comparator</i> .
<i>Clear perceptibility</i> : visual and audible	We can consider that there is always one <i>active signal</i> operational and the operator can conclude. It does not affect significantly the functionality of the device.
<i>Response time</i> for <i>phase comparators</i> with two <i>active signals</i>	For these types of <i>phase comparator</i> , a “non response” can never be considered as an indication. The worker will conclude something, only when the device gives an indication. There is no misunderstanding.
Grip force and deflection	Even if the grip force and the deflection do not fulfil the requirements, it does not reduce significantly the functionality of the product.

Annex G (informative)

In-service care

Maintenance tests should be carried out periodically on *phase comparators* to ascertain and, if necessary, make certain adjustments to ensure that their performance remains within specified limits.

It is the responsibility of the user to elaborate the maintenance schedule, based on national regulations, on the manufacturer's instructions and on the conditions of use (storage, regular care, etc.). However, no *phase comparator*, even those held in storage, should be used unless re-tested, within a maximum period of six years.

It is recommended that the periodic maintenance be done by a competent test facility.

At any time, a visual inspection of the *phase comparator* should be made before use. If there is a doubt that the device is not in good condition, it should be excluded from further use, then returned to the manufacturer for repair or rejection.

Table G.1 lists the tests that verify the physical integrity, the functioning of the *phase comparator* and its insulation performance. It also recommends a chronological order for performing the tests. The *insulating stick* to be used with *phase comparators* as a separate device should be covered by an IEC, regional, national or local/company standard.

Table G.1 – In-service testing

Chronological order	Designations	Subclauses
1	Visual and dimensional inspection	5.4.1
2	Check of <i>testing element</i> ^a	5.2.9.2
3	Leakage current under dry conditions ^b	5.3.5.2
4	<i>Protection against bridging for indoor/outdoor type phase comparator</i> ^c	5.3.2
5	Spark resistance ^d	5.3.4
6	<i>Clear indication</i>	5.2.2
7	<i>Clear perceptibility</i> of visual indication ^e	5.2.5.1
7	<i>Clear perceptibility</i> of audible indication ^e	5.2.5.2
^a The check of the electrical circuits, to verify that all circuits are tested, is not necessary. ^b When the test is performed as a periodic testing, the admissible leakage current may be higher than that specified in 5.3.5 but it should not exceed 200 µA. ^c Under dry conditions only. ^d For practical purposes this test may be combined with the test for <i>protection against bridging</i> (number 5 of the chronological list). The test duration for spark resistance is at least 5 s. ^e A comparison may be made with a reference <i>phase comparator</i> of the same design. Tests for <i>clear perceptibility</i> may also be combined with other previous tests of the list.		

According to the design of the *phase comparator* and its fabrication process, the manufacturer may specify additional tests related to particular components or characteristics. These specific tests should be noted in the instructions for use.

Bibliography

IEC 60038, *IEC standard voltages*

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available at <http://www.electropedia.org>)

IEC 60050-651:2014, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 651: Live working*

IEC 60071-1:2006, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC 60743:2013, *Live working – Terminology for tools, equipment and devices*

IEC 60855-1:2009, *Live working – Insulating foam-filled tubes and solid rods – Part 1: Tubes and rods of a circular cross-section*

IEC 61000-2-1, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 1: Description of the environment – Electromagnetic environment for low-frequency conducted disturbances and signalling in public power supply systems*

IEC 61235:1993, *Live working – Insulating hollow tubes for electrical purposes*

IEC 61936-1:2010, *Power installations exceeding 1 kV a.c. – Part 1: Common rules*

ISO/IEC 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	82
INTRODUCTION.....	85
1 Domaine d'application	86
2 Références normatives	86
3 Termes et définitions	87
4 Exigences.....	91
4.1 Indication	91
4.2 Exigences fonctionnelles.....	91
4.2.1 Indication indiscutable	91
4.2.2 Perceptibilité indiscutable	93
4.2.3 Influence de la température et de l'humidité sur l'indication	93
4.2.4 Influence de la fréquence	94
4.2.5 Temps de réponse	94
4.2.6 Sécurité sur l'état de fonctionnement de l'alimentation.....	94
4.2.7 Dispositif de contrôle	94
4.2.8 Temps de fonctionnement.....	94
4.3 Exigences électriques	95
4.3.1 Matériau isolant	95
4.3.2 Protection contre le contournement	95
4.3.3 Résistance à l'amorçage.....	95
4.3.4 Élément résistif.....	95
4.3.5 Élément isolant d'un comparateur de phase en dispositif complet.....	95
4.3.6 Courant de circulation.....	95
4.3.7 Boîtier de l'indicateur	96
4.3.8 Isolation du câble de liaison.....	96
4.4 Exigences mécaniques	96
4.4.1 Généralités.....	96
4.4.2 Conception	96
4.4.3 Dimensions, construction.....	97
4.4.4 Force de préhension et flèche	99
4.4.5 Résistance aux vibrations	99
4.4.6 Résistance aux chutes.....	99
4.4.7 Résistance aux chocs	99
4.5 Marquage	99
4.6 Instructions d'emploi	100
4.7 Exigences en cas de mauvais usage raisonnablement prévisible pendant les travaux sous tension	100
4.7.1 Sélection de la tension	100
4.7.2 Sélection de la fréquence	100
5 Essais	100
5.1 Généralités	100
5.1.1 Dispositions d'essai	100
5.1.2 Conditions atmosphériques.....	101
5.1.3 Essais sous pluie.....	101
5.1.4 Essai de type.....	101
5.1.5 Méthodes d'essai.....	102

5.2	Essais de fonctionnement	103
5.2.1	Description des montages d'essai et critères généraux de réussite.....	103
5.2.2	Indication indiscutable	108
5.2.3	Compatibilité électromagnétique (CEM)	110
5.2.4	Influence des champs électriques perturbateurs	110
5.2.5	Perceptibilité indiscutable	113
5.2.6	Influence de la fréquence	117
5.2.7	Temps de réponse	117
5.2.8	Sûreté de fonctionnement de l'alimentation.....	117
5.2.9	Vérification du dispositif de contrôle	118
5.2.10	Temps de fonctionnement.....	118
5.3	Essais diélectriques	119
5.3.1	Matériaux isolants des tubes et des tiges	119
5.3.2	Protection contre le contournement pour un comparateur de phase de type intérieur/extérieur.....	119
5.3.3	Protection contre le contournement pour un comparateur de phase de type extérieur	125
5.3.4	Résistance à l'amorçage.....	126
5.3.5	Courant de fuite d'un comparateur de phase en dispositif complet.....	127
5.3.6	Rigidité diélectrique du câble de liaison	130
5.3.7	Courant maximal en cas de mauvais usage	132
5.4	Essais mécaniques	132
5.4.1	Contrôle visuel et dimensionnel	132
5.4.2	Force de préhension et flèche dans le cas d'un comparateur de phase en dispositif complet.....	132
5.4.3	Solidité du câble de liaison et des raccordements.....	133
5.4.4	Résistance aux vibrations.....	136
5.4.5	Résistance aux chutes.....	136
5.4.6	Résistance aux chocs	137
5.4.7	Résistance climatique.....	138
5.4.8	Durabilité des marquages	139
5.5	Essai pour un mauvais usage raisonnablement prévisible pendant les travaux sous tension	139
5.5.1	Sélection de la tension (le cas échéant).....	139
5.5.2	Sélection de la fréquence (le cas échéant)	140
6	Evaluation de la conformité des comparateurs de phase issus de la production.....	140
7	Modifications	140
	Annexe A (normative) Instructions d'emploi	141
	Annexe B (normative) Approprié aux travaux sous tension; double triangle (IEC 60417 – 5216 (2002-10))	143
	Annexe C (normative) Ordre chronologique des essais de type	144
	Annexe D (normative) Classification des défauts et essais associés	146
	Annexe E (informative) Information et guide concernant l'utilisation de la marque limite et d'une allonge d'électrode de contact.....	148
	E.1 Généralités	148
	E.2 Situation lors de l'utilisation d'un comparateur de phase en dispositif complet.....	148
	E.3 Situation lors de l'utilisation d'un comparateur de phase en dispositif séparé.....	153
	Annexe F (informative) Justifications de la classification des défauts.....	155

Annexe G (informative) Précautions d'emploi.....	158
Bibliographie.....	160
Figure 1 – Illustration de différents éléments d'un comparateur de phase	97
Figure 2 – Emplacement des parties conductrices permises à l'intérieur de la longueur minimale de l'élément isolant d'une perche de comparaison d'un comparateur de phase en dispositif complet.....	98
Figure 3 – Montage d'essai pour l'indication indiscutable avec l'électrode boule devant son électrode en anneau.....	104
Figure 4 – Montage d'essai pour l'indication indiscutable avec l'électrode boule derrière son électrode en anneau	105
Figure 5 – Exemple de mise en place d'une perche de comparaison d'un comparateur de phase relativement à un assemblage boule-anneau	107
Figure 6 – Exemple de moyens adéquats pour assurer un bon contact entre une électrode de contact et l'électrode boule	107
Figure 7 – Montage d'essai de la perceptibilité indiscutable de l'indication visuelle	114
Figure 8 – Montage d'essai de la perceptibilité indiscutable de l'indication sonore	116
Figure 9 – Assemblage d'essai et dimensions des barres pour la protection contre le contournement.....	120
Figure 10 – Raccordement électrique des barres	121
Figure 11 – Essai de contrainte longitudinale.....	122
Figure 12 – Essai de contraintes longitudinale et transversale	123
Figure 13 – Essai de contournement du câble de liaison.....	124
Figure 14 – Assemblage d'essai pour l'essai de protection contre le contournement d'un comparateur de phase de type extérieur	126
Figure 15 – Assemblage pour l'essai de courant de fuite sous conditions sèches du comparateur de phase en dispositif complet	128
Figure 16 – Assemblages pour les essais de courant de fuite sous conditions humides du comparateur de phase en dispositif complet.....	130
Figure 17 – Montage d'essai pour l'application de la force	131
Figure 18 – Essai pour la force de préhension	133
Figure 19 – Montage d'essai pour la solidité du câble de liaison et des raccordements.....	135
Figure 20 – Essai de résistance aux chutes – Position diagonale.....	137
Figure 21 – Courbe du cycle d'essai pour la résistance climatique.....	138
Figure E.1 – Élément isolant d'une perche de comparaison d'un comparateur de phase en dispositif complet	149
Figure E.2 – Exemple du positionnement d'une perche de comparaison d'un comparateur de phase en contact avec une pièce sous tension sans obstacles formés par d'autres pièces sous tension.....	150
Figure E.3 – Exemple du positionnement incorrect d'une perche de comparaison d'un comparateur de phase avec la marque limite entre deux parties sous tension.....	151
Figure E.4 – Façons habituelles de tirer parti de la sélection ou de l'utilisation du comparateur de phase pour maintenir la distance d'isolation entre la marque limite et le garde-main.....	152
Figure E.5 – Façons habituelles d'utiliser un comparateur de phase en dispositif séparé de façon à assurer l'isolation adéquate du travailleur	154
Tableau 1 – Plages de conditions climatiques.....	94

Tableau 2 – Longueur minimale de l'élément isolant (L_i) d'un comparateur de phase en dispositif complet	98
Tableau 3 – Dimensions du montage d'essai boule-anneau	106
Tableau 4 – Séries d'essai et conditions pour une indication indiscutable	109
Tableau 5 – Séries d'essais et conditions pour l'influence des champs électriques perturbateurs	112
Tableau 6 – Distance d_1 pour le montage d'essai de contournement	120
Tableau 7 – Dimensions des anneaux concentriques et des électrodes-rubans	125
Tableau C.1 – Ordre séquentiel pour effectuer les essais de type ^a	144
Tableau C.2 – Essais de type hors séquence	145
Tableau D.1 – Classification des défauts et exigences et essais associés	146
Tableau E.1 – Longueurs minimales recommandées de la marque limite à l'électrode de contact (A_j)	152
Tableau F.1 – Justification pour la classification des défauts	155
Tableau G.1 – Essai en service	158

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRAVAUX SOUS TENSION – COMPARATEURS DE PHASE –

Partie 2: Type résistif pour usage sur des tensions alternatives de 1 kV à 36 kV

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 61481-2 a été établie par le comité d'études 78 de l'IEC: Travaux sous tension.

Cette première édition, avec la première édition de l'IEC 61481-1, annule et remplace la première édition de l'IEC 61481 parue en 2001, l'Amendement 1:2002 et l'Amendement 2:2004. Cette édition constitue une révision technique.

Les modifications majeures sont:

- la division de la norme en deux parties;
- la révision des exigences relatives à l'indication;

- la suppression de la classe C ($\pm 110^\circ$);
- l'introduction d'une exigence relative à un nouveau marquage "LU" pour une utilisation limitée;
- l'extension de la plage de fluctuations de tension d'un réseau spécifiée pour ce qui concerne l'indication indiscutable;
- la clarification de l'exigence de conception en spécifiant un élément résistif dans chaque perche de comparaison du dispositif;
- la clarification des procédures d'essai pour les électrodes de contact supplémentaires, les accessoires et leur combinaison, ainsi que dans le cas d'une famille de comparateurs de phase;
- l'ajout d'exigences et d'essais relatifs à la compatibilité électromagnétique (CEM);
- la clarification des dispositions d'essais pour les essais de fonctionnement;
- la clarification de la procédure d'essai de perceptibilité indiscutable des indications sonores;
- la préparation des éléments d'évaluation des défauts et l'application générale de l'IEC 61318:2007;
- la révision des annexes existantes;
- le remplacement de l'Annexe C normative existante par deux nouvelles Annexes D et F présentant la classification des défauts (normative) et les justifications ayant conduit à la classification des défauts (informative);
- la suppression de l'Annexe D existante qui n'est plus nécessaire, suite à la spécification de l'IEC 60068-2-75;
- la suppression de l'Annexe F existante qui n'est plus applicable, conformément à l'IEC 61318:2007;
- l'ajout d'une nouvelle Annexe E informative présentant des informations supplémentaires concernant l'utilisation de la marque limite et d'une allonge d'électrode de contact.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
78/1052/FDIS	78/1088/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Dans cette norme, les termes définis dans l'Article 3 apparaissent en *italiques*.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61481, publiée sous le titre général *Travaux sous tension – Compareurs de phase*, figure sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

La présente Norme Internationale a été établie en conformité avec les exigences de l'IEC 61477.

En tenant compte du principe de fonctionnement des *comparateurs de phase* portatifs de type résistif disponibles sur le marché, la *tension nominale* maximale alternative retenue est 36 kV.

Les justifications portant sur l'identification de cette *tension nominale* maximale sont les suivantes:

- la conception du *comparateur de phase* pour permettre son maniement par une personne seule (voir 4.4.2) – élément ergonomique.
A des *tensions nominales* plus élevées, la distance entre les phases de l'installation augmente et la mise en place des deux perches de comparaison du *comparateur de phase* par une seule personne, devient une limitation;
- la performance satisfaisante de chaque composant (incluant le câble de liaison) dans des conditions normales de travail – l'élément de performance;
- la possibilité de contact avec une partie de l'installation au potentiel de terre ou au potentiel d'une autre phase du câble de liaison reliant les deux perches de comparaison du *comparateur de phase*.

Pendant certaines ou pendant toutes les étapes de son cycle de vie, le produit couvert par la présente norme peut avoir un impact sur l'environnement. Ces impacts peuvent aller de légers à importants, être à court ou long terme, et se produire à un niveau local, régional ou global.

En ce concerne l'amélioration de l'environnement, la présente norme ne contient ni exigences et dispositions d'essai s'adressant aux fabricants, ni recommandations s'adressant aux utilisateurs du produit. Cependant, tous les intervenants dans sa conception, sa fabrication, son emballage, sa distribution, son utilisation, sa maintenance, sa réparation, sa réutilisation, sa récupération et sa mise au rebut sont invités à prendre en compte les éléments environnementaux.

TRAVAUX SOUS TENSION – COMPARATEURS DE PHASE –

Partie 2: Type résistif pour usage sur des tensions alternatives de 1 kV à 36 kV

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61481 est applicable aux *comparateurs de phase* portatifs de type résistif pour une utilisation sur des installations électriques à des tensions alternatives de 1 kV à 36 kV et à des fréquences de 50 Hz et/ou 60 Hz.

La présente norme est applicable aux *comparateurs de phase de type résistif* utilisés au contact avec les parties nues conductrices à comparer:

- en dispositif complet incluant son *élément isolant* ou,
- en dispositif séparé adaptable sur une *perche isolante* qui, en tant qu'outil séparé, n'est pas couverte par la présente norme.

NOTE Des parties telles que l'*électrode de contact* ou l'*élément isolant* d'un *comparateur de phase en dispositif complet* peuvent être démontées.

Quelques restrictions sur leur utilisation sont applicables en cas d'appareillage de connexion assemblé en usine et sur les réseaux aériens de voie ferrée électrifiée (voir Annexe A).

Un dispositif conçu pour réaliser d'autres fonctions que la comparaison de phase est un dispositif différent et n'est pas couvert par la présente norme. Par exemple, un dispositif conçu pour être aussi utilisé comme détecteur de tension n'est pas couvert par la présente norme (voir Annexe A).

Les produits conçus et fabriqués en conformité avec la présente norme contribuent à la sécurité des utilisateurs, pourvu qu'ils soient utilisés par des personnes formées pour réaliser le travail, conformément à la méthode de travail à distance et en respectant les instructions d'emploi.

Sauf autrement spécifié, toutes les tensions définies dans cette norme se réfèrent aux valeurs de tensions entre phases des réseaux triphasés. Sur les autres réseaux, il convient que la tension applicable entre phases ou entre phase et terre soit utilisée pour déterminer la tension de service.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CISPR 11, *Appareils industriels, scientifiques et médicaux – Caractéristiques de perturbations radioélectriques – Limites et méthodes de mesure*

IEC 60060-1:2010, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et exigences générales*

IEC 60068-1, *Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et lignes directrices*

IEC 60068-2-6, *Essais d'environnement – Partie 2-6: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

IEC 60068-2-14, *Essais d'environnement – Partie 2-14: Essais – Essai N: Variation de température*

IEC 60068-2-31, *Essais d'environnement – Partie 2-31: Essais – Essai Ec: Choc lié à des manutentions brutales, essai destiné en premier lieu aux matériels*

IEC 60068-2-75: *Essais d'environnement – Partie 2-75: Essais – Essai Eh: Essais aux marteaux*

IEC 60417, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel*. Disponible à: <http://www.graphical-symbols.info/equipment>

IEC 60942, *Electroacoustique – Calibreurs acoustiques*

IEC 61000-4-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-2: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux décharges électrostatiques*

IEC 61000-4-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

IEC 61000-4-8, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-8: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité au champ magnétique à la fréquence du réseau*

IEC 61260, *Electroacoustique – Filtres de bande d'octave et de bande d'une fraction d'octave*

IEC 61318, *Travaux sous tension – Evaluation de la conformité applicable à l'outillage, au matériel et aux dispositifs*

IEC 61326-1, *Matériel électrique de mesure, de commande et de laboratoire – Exigences relatives à la CEM – Partie 1: Exigences générales*

IEC 61477, *Travaux sous tension – Exigences minimales pour l'utilisation des outils, dispositifs et équipements*

IEC 61672-1, *Electroacoustique – Sonomètres – Partie 1: Spécifications*

ISO 3744:2010, *Acoustique – Détermination des niveaux de puissance acoustique et des niveaux d'énergie acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique – Méthodes d'expertise pour des conditions approchant celles du champ libre sur plan réfléchissant*

CIE 15, *Colorimétrie*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 61318 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1

accessoire

pièce supplémentaire non nécessaire au fonctionnement du *comparateur de phase* et qui est fournie par le fabricant pour faciliter son utilisation sous certaines conditions d'exécution

Note 1 à l'article: Un *accessoire* n'est pas considéré comme étant une partie d'un dispositif. Sans l'*accessoire*, le dispositif demeure fonctionnel. Une pièce qui est requise lors de toute utilisation d'un dispositif n'est pas un *accessoire* mais une partie du dispositif qui peut être démontée.

Note 2 à l'article: Par exemple un *accessoire* est utilisé pour allonger la poignée, pour améliorer l'efficacité de l'*électrode de contact*, pour permettre à l'*électrode de contact* d'atteindre les parties à comparer, etc.

3.2

signal actif

phénomène visible, et optionnellement sonore, dont la présence, l'absence ou les variations sont considérées comme représentant des informations concernant l'état "relation de phase correcte" ou l'état "relation de phase incorrecte"

Note 1 à l'article: Un signal indiquant que le *comparateur de phase* est prêt à fonctionner n'est pas considéré comme étant un *signal actif*.

[SOURCE: IEC 60050-101:1998, 101-12-02 modifiée – la définition de "signal" a été modifiée pour s'adapter au contexte particulier du diagnostic de relation de phase et la Note 1 à l'article a été ajoutée.]

3.3

embout

partie d'un *comparateur de phase* en dispositif séparé qui permet de fixer une *perche isolante*

3.4

indication indiscutable

détection et indication non ambiguë de l'état "relation de phase incorrecte" et/ou "relation de phase correcte" entre les pièces à comparer

3.5

perceptibilité indiscutable

cas où l'indication est discernable sans erreur par l'utilisateur dans des conditions spécifiques d'environnement quand le *comparateur de phase* est dans sa position de fonctionnement

3.6

câble de liaison

câble souple reliant électriquement les deux perches de comparaison d'un *comparateur de phase de type résistif*

3.7

électrode de contact

partie conductrice nue du *comparateur de phase* qui établit la connexion électrique avec la pièce à comparer

3.8

allonge de l'électrode de contact

élément conducteur isolé extérieurement permettant à l'*électrode de contact* d'atteindre les pièces de l'installation à comparer

Note 1 à l'article: Pour une configuration d'installation donnée, l'*allonge d'électrode de contact* sert à augmenter la *profondeur d'insertion* (voir Figure 1).

Note 2 à l'article: L'*allonge d'électrode de contact* est un *accessoire* d'un *comparateur de phase*.

3.9**embout de perche**

partie d'une *perche isolante* fixée de manière permanente à l'extrémité d'un tube isolant ou d'une tige isolante

3.10**famille de comparateurs de phase**

à des fins d'essai, groupe de comparateurs de phase, délimité par des *tensions assignées* minimale et maximale et/ou par les deux fréquences (50 Hz et 60 Hz), qui sont identiques en matière de conception (y compris les dimensions) et qui diffèrent seulement par leurs *tensions nominales* ou leurs plages de *tensions nominales* et/ou leur fréquence nominale

3.11**garde-main**

garde physique distinctive séparant la poignée d'un *comparateur de phase* en dispositif complet de son *élément isolant*

Note 1 à l'article: Le but du *garde-main* est d'empêcher la main de glisser et d'entrer en contact avec l'*élément isolant*.

3.12**indicateur**

partie d'un *comparateur de phase* qui indique l'état de la relation de phase entre deux pièces à comparer

3.13**type intérieur**

comparateur de phase conçu pour une utilisation dans des conditions sèches, normalement à l'intérieur

3.14**profondeur d'insertion**

A_i

distance entre la *marque limite* et l'extrémité de l'*électrode de contact* d'un *comparateur de phase* en dispositif complet

3.15**élément isolant**

partie d'un *comparateur de phase* en dispositif complet qui fournit à l'utilisateur une distance de sécurité et une isolation adéquates

3.16**perche isolante**

outil isolant essentiellement composé d'un tube isolant ou d'une tige isolante avec des *embouts de perche*

Note 1 à l'article: Pour la comparaison de phase, une *perche isolante* est prévue pour être fixée au *comparateur de phase* en dispositif séparé, de façon à procurer à l'utilisateur la longueur pour atteindre l'installation à vérifier ainsi qu'une distance de sécurité et une isolation adéquates.

[SOURCE: IEC 60050-651:2014, 651-22-01, modifiée – la Note 1 à l'article a été ajoutée.]

3.17**champ perturbateur**

champ électrique superposé pouvant affecter l'indication

Note 1 à l'article: Le *champ perturbateur* peut provenir des pièces à comparer ou d'autres composants voisins et être en n'importe quelle relation de phase

Note 2 à l'article: Les cas extrêmes pour les essais sont:

- un *champ perturbateur* en phase : Cela provient des dimensions et/ou de la configuration des parties de l'installation à être comparer ou des parties adjacentes de l'installation ayant des tensions de même phase que les pièces à comparer;
- un *champ perturbateur* en opposition de phase : Cela provient des parties adjacentes de l'installation ayant des tensions en opposition de phase aux pièces à comparer.

3.18

marque limite

emplacement ou marque distinctif indiquant à l'utilisateur la limite physique jusqu'à laquelle le *comparateur de phase* peut être inséré entre les pièces sous tension ou qu'il peut les toucher

3.19

essai de maintenance

essai effectué périodiquement sur un dispositif ou un équipement et destiné à vérifier que ses caractéristiques de fonctionnement se maintiennent dans des limites spécifiées, après avoir procédé, le cas échéant, aux ajustements nécessaires

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-25, modifiée – La définition a été modifiée pour s'adapter au contexte particulier de la maintenance d'un dispositif ou d'un équipement.]

3.20

tension nominale

U_n

valeur arrondie appropriée de la tension utilisée pour identifier un réseau ou un dispositif

Note 1 à l'article: La *tension nominale* du *comparateur de phase* est un paramètre associé à son *indication indiscutable*. Dans le cas d'un *comparateur de phase* ayant plus d'une *tension nominale* ou une plage de *tensions nominales*, les valeurs limites de la plage de *tensions nominales* sont désignées par $U_{n \min}$ et $U_{n \max}$.

[SOURCE: IEC 60050-601:1985, 601-01-21, modifiée – la définition a été modifiée pour s'adapter au contexte particulier d'un dispositif ou d'un équipement et la Note 1 à l'article a été ajoutée.]

3.21

type extérieur

comparateur de phase conçu pour une utilisation dans des conditions humides, soit à l'intérieur, soit à l'extérieur

3.22

comparateur de phase

dispositif portatif utilisé pour fournir une preuve indiscutable de la présence ou de l'absence de la bonne relation de phase correcte entre deux parties sous tension qui sont à la même tension et à la même fréquence nominales

[SOURCE: IEC 60050-651:2014, 651-24-03, modifiée – la définition a été modifiée pour spécifier que le dispositif ici défini est un dispositif portatif.]

3.23

comparateur de phase de type résistif

comparateur de phase résistif

dispositif dont le fonctionnement est basé sur le courant qui traverse une résistance située dans l'*élément résistif*

Note 1 à l'article: Les *comparateurs de phase* de type résistif sont toujours des *comparateurs de phase* bipolaires et son munis d'un *câble de liaison*.

Note 2 à l'article: Les *comparateurs de phase* de type résistif fonctionnent principalement sur la base de la mesure de la tension (en fonction de la tension).

3.24**protection contre le contournement**

protection contre l'amorçage ou le claquage, quand l'isolation entre les pièces de l'installation, à différents potentiels, est diminuée par la présence du *comparateur de phase*

3.25**tension assignée** U_r

valeur de la tension à laquelle certaines spécifications de fonctionnement font référence

Note 1 à l'article: La *tension assignée* du *comparateur de phase* est la tension choisie dans le Tableau 2, colonne 1, de l'IEC 60071-1:2006; il convient que celle-ci soit égale: soit à la *tension nominale* (ou la plus haute *tension nominale* de sa plage de *tensions nominales*); soit à la valeur de tension immédiatement supérieure indiquée dans ce tableau.

3.26**élément résistif**

élément qui contient la résistance de limitation de courant (ou d'autres composants limitant le courant) et des parties conductrices

3.27**temps de réponse**

intervalle de temps entre le moment où le *comparateur de phase* fait contact avec la deuxième pièce à comparer et l'*indication indiscutable* correspondante

3.28**dispositif de contrôle**

élément intégré ou dispositif séparé au moyen duquel le fonctionnement du *comparateur de phase* peut être vérifié par l'utilisateur

[SOURCE: IEC 60743:2013, 11.3.7, modifiée – La définition a été modifiée pour préciser son application au *comparateur de phase*.]

3.29**paramètre de seuil**

tension minimale U_p entre les deux pièces à comparer qui cause un changement de l'état du *signal actif*

4 Exigences**4.1 Indication**

Le *comparateur de phase* doit donner une *indication indiscutable* des états «relation de phase incorrecte» et/ou «relation de phase correcte», au moyen du changement de l'état d'un ou de plusieurs *signaux actifs*.

L'indication doit être visuelle. Il est possible d'ajouter une indication sonore complémentaire.

4.2 Exigences fonctionnelles**4.2.1 Indication indiscutable****4.2.1.1 Généralités**

Les exigences suivantes s'appliquent lorsque les deux pièces à comparer sont à la même *tension nominale* et à la même fréquence.

L'indication "relation de phase incorrecte" ne doit pas apparaître pour une différence angulaire inférieure ou égale à $\pm 10^\circ$.

L'indication "relation de phase correcte" ne doit pas apparaître pour une différence angulaire supérieure à $\pm 30^\circ$ ou $\pm 60^\circ$ selon la classe du *comparateur de phase*.

Pour se conformer aux exigences ci-dessus, le *paramètre de seuil* doit satisfaire à la relation suivante:

Classe A: $10\% U_{n \max} < U_p \leq 29,8\% U_{n \min}$

Classe B: $10\% U_{n \max} < U_p \leq 57,7\% U_{n \min}$

Classe C: voir Note 1

Classe D: S'il n'est pas possible d'utiliser l'une des classes mentionnées ci-dessus, le fabricant et le client doivent parvenir à un accord sur la valeur appropriée des différences angulaires. Dans un tel cas, la limite supérieure du *paramètre de seuil* doit excéder celle de la classe B.

Dans le cas des *comparateurs de phase* avec une seule *tension nominale*, $U_{n \max}$ est égale à $U_{n \min}$.

NOTE 1 La classe C (différence angulaire de $\pm 110^\circ$) était spécifiée dans l'édition précédente de la norme mais a été jugée non pertinente.

NOTE 2 Les différences angulaires exigées pour indiquer la relation de phase incorrecte dépendront des configurations de réseau.

NOTE 3 10 % de la *tension nominale* correspond à $0,17 U_n / \sqrt{3}$ et est la différence de tension entre deux phases ayant une différence angulaire de 10° .

NOTE 4 29,8 % de la *tension nominale* correspond à $0,51 U_n / \sqrt{3}$ et est la différence de tension entre deux phases ayant une différence angulaire de 30° .

NOTE 5 57,7 % de la *tension nominale* correspond à $1,0 U_n / \sqrt{3}$ et est la différence de tension entre deux phases ayant une différence angulaire de 60° .

NOTE 6 Il existe une limite théorique au rapport entre $U_{n \max}$ and $U_{n \min}$ pour que le *comparateur de phase* donne une *indication indiscutable*. Selon la classe du *comparateur de phase*, cette valeur correspond à la division de 0,298 ou 0,577 par 0,1.

Ces exigences doivent être satisfaites pour les tensions à la terre entre $(U_{n \min} - 10\%) / \sqrt{3}$ jusqu'à $(U_{n \max} + 10\%) / \sqrt{3}$.

NOTE 7 10 % de la *tension nominale* correspond à la fluctuation lente de tension possible sur un réseau. Selon l'IEC 61000-2-1, $\pm 10\%$ de la *tension nominale* correspond à la fluctuation lente de tension possible sur un réseau laquelle ne dépasse pas normalement le domaine défini par l'IEC 60038.

NOTE 8 Un *comparateur de phase* peut ne pas donner d'indications convenables en présence d'une composante harmonique importante et/ou d'une distorsion d'amplitude (par exemple, convertisseurs c.a./c.c HT, charges non linéaires, etc.). Des données qui s'y rapportent ainsi que les limites acceptables et les exigences de performance sont à l'étude.

4.2.1.2 Réglages

L'utilisateur ne doit pas avoir accès aux réglages de l'*indicateur*.

Un sélecteur pour différentes *tensions nominales* ou plages de *tensions nominales* est permis, mais pour chaque position du sélecteur l'utilisateur ne doit avoir accès à aucun réglage.

4.2.1.3 Indication continue

Dès que le *comparateur de phase* donne une *indication indiscutable*, il doit continuer à indiquer aussi longtemps qu'il demeure en contact direct avec les pièces sous tension.

4.2.1.4 Influence des champs perturbateurs

La présence d'une pièce adjacente, sous tension ou à la terre, ne doit pas affecter l'indication lorsque le *comparateur de phase* est utilisé conformément aux instructions d'emploi.

La présence d'un *champ perturbateur* ne doit pas affecter l'indication lorsque le *comparateur de phase* est utilisé conformément aux instructions d'emploi.

4.2.1.5 Marquage spécial en cas d'utilisation limitée

Un *comparateur de phase* qui ne satisfait pas à n'importe lequel des essais du 5.2.2 ou du 5.2.4 lorsque le montage d'essai de la Figure 4 est utilisé, doit avoir le marquage "LU¹" indiquant une utilisation limitée.

4.2.1.6 Compatibilité électromagnétique (CEM)

Les *comparateurs de phase* doivent satisfaire aux exigences des appareils portatifs de classe A de l'IEC 61326-1.

NOTE Il est possible que dans certains pays, des exigences supplémentaires soient ajoutées afin de satisfaire à la réglementation de CEM.

4.2.2 Perceptibilité indiscutable

4.2.2.1 Indication visuelle

Le *comparateur de phase* doit donner à l'utilisateur une indication visuelle indiscutable dans des conditions normales de lumière et dans sa position de fonctionnement.

Quand deux ou plusieurs signaux visuels actifs sont utilisés, l'indication ne doit pas reposer seulement sur la perceptibilité de lumières de différentes couleurs. Des caractéristiques supplémentaires telles que la séparation physique des sources lumineuses, des formes distinctes de signaux lumineux ou des lumières clignotantes doivent être utilisées.

4.2.2.2 Indication sonore (le cas échéant)

Le *comparateur de phase* doit donner à l'utilisateur une indication sonore indiscutable dans des conditions normales de bruit et dans sa position de fonctionnement.

Quand deux signaux sonores actifs sont utilisés, l'indication ne doit pas reposer seulement sur la perceptibilité de sons de niveaux de pression acoustique différents. Des caractéristiques supplémentaires, telles que la tonalité ou l'intermittence des signaux sonores doivent être utilisées.

4.2.3 Influence de la température et de l'humidité sur l'indication

Il existe trois catégories de *comparateurs de phase* selon les conditions climatiques de fonctionnement: froides (C), normales (N) et chaudes (W). Le *comparateur de phase* doit fonctionner correctement dans la plage de températures de sa catégorie climatique, conformément au Tableau 1.

¹ LU = *limited use*.

Tableau 1 – Plages de conditions climatiques

Plages de conditions climatiques (fonctionnement et stockage)		
Catégorie climatique	Température °C	Humidité %
Froid (C)	–40 à +55	20 à 96
Normal (N)	–25 à +55	20 à 96
Chaud (W)	–5 à +70	12 à 96

4.2.4 Influence de la fréquence

À un moment donné, on considère la valeur de la fréquence comme étant la même partout sur un réseau. Alors, les exigences suivantes s'appliquent lorsque les deux parties à comparer sont à la même fréquence.

Le *comparateur de phase* doit fonctionner correctement à des fréquences dans une limite de tolérance d'au moins $\pm 0,2$ % de la fréquence nominale.

Un *comparateur de phase* à deux fréquences nominales doit fonctionner correctement pour chaque fréquence nominale dans une limite de tolérance d'au moins $\pm 0,2$ %.

4.2.5 Temps de réponse

Le *temps de réponse* d'un *comparateur de phase* ne doit pas être supérieur à 1 s.

4.2.6 Sécurité sur l'état de fonctionnement de l'alimentation

Le *comparateur de phase* avec source d'alimentation incorporée doit donner une *indication indiscutable* jusqu'à ce qu'une indication d'indisponibilité apparaisse ou que le dispositif se coupe automatiquement, comme mentionné dans les instructions d'emploi.

4.2.7 Dispositif de contrôle

Le *dispositif de contrôle*, qu'il soit intégré ou séparé, doit permettre le contrôle de tous les circuits électriques, y compris lorsque cela s'applique, l'*élément résistif*, le *câble de liaison*, la source d'énergie et le fonctionnement de l'indication. Quand tous les circuits ne peuvent pas être contrôlés, chaque restriction doit être clairement indiquée dans les instructions d'emploi. Ces circuits doivent être construits avec une grande fiabilité. Quand il y a un *dispositif de contrôle* incorporé, le *comparateur de phase* doit donner une indication «prêt» ou «indisponible».

4.2.8 Temps de fonctionnement

Le *comparateur de phase* doit pouvoir fonctionner sans défaillance et sans donner d'indication erronée quand il est soumis à la tension maximale de service pendant le temps de fonctionnement spécifié.

Le temps de fonctionnement minimal doit être de 5 min.

Dans les instructions d'emploi le fabricant doit indiquer clairement à l'utilisateur le temps de fonctionnement maximal.

4.3 Exigences électriques

4.3.1 Matériau isolant

Les caractéristiques nominales des matériaux isolants doivent être adaptées (nature du matériau, dimensions) à la *tension nominale* (ou la *tension nominale* maximale de la plage de tensions) du *comparateur de phase*.

Quand des tubes de matériau isolant de section circulaire sont utilisés dans la conception de *comparateurs de phase*, il convient qu'ils soient conformes à l'IEC 60855-1 ou à l'IEC 61235, sinon ils doivent démontrer une performance d'isolation appropriée en satisfaisant à l'essai du 5.3.1.

Pour un *comparateur de phase* en dispositif complet, un *élément isolant* doit fournir à l'utilisateur l'isolation adéquate.

NOTE Pour un *comparateur de phase* en dispositif séparé, le choix d'une *perche isolante* adaptable appropriée fournira à l'utilisateur l'isolation adéquate.

4.3.2 Protection contre le contournement

La protection doit être telle que le *comparateur de phase* ne puisse pas provoquer un amorçage ou un claquage entre les parties sous tension d'une installation ou entre une partie sous tension d'une installation et la terre.

4.3.3 Résistance à l'amorçage

Le *comparateur de phase* doit être construit de telle façon que l'*indicateur* ne puisse pas être endommagé ou mis hors service par un arc électrique de faible énergie.

4.3.4 Élément résistif

L'*élément résistif* d'un *comparateur de phase* doit être correctement dimensionné en fonction de la tension et de la puissance.

La résistance dans chacune des perches de comparaison doit être de la même valeur.

4.3.5 Élément isolant d'un comparateur de phase en dispositif complet

4.3.5.1 Rigidité diélectrique

L'*élément isolant* doit être dimensionné de façon telle qu'aucun amorçage ou claquage ne se produise lors de l'utilisation.

4.3.5.2 Courant de fuite

L'*élément isolant* d'un *comparateur de phase* de *type intérieur* doit avoir des caractéristiques telles que le courant de fuite soit limité dans des conditions sèches.

L'*élément isolant* d'un *comparateur de phase* de *type extérieur* doit avoir des caractéristiques telles que le courant de fuite soit limité dans des conditions sèches et humides.

4.3.6 Courant de circulation

Le courant de circulation maximal traversant le *comparateur de phase* doit être aussi faible que possible et ne jamais dépasser 3,5 mA efficace lorsqu'une tension de $1,2 U_r$ est appliquée entre les *électrodes de contact*, quelle que soit la position de n'importe quel sélecteur (le cas échéant).

NOTE Le but de cette exigence est de prendre en compte la possibilité d'un mauvais usage raisonnablement prévisible.

Le courant de circulation maximal traversant chaque perche de comparaison doit être aussi faible que possible et ne jamais dépasser 3,5 mA efficace lorsqu'une tension d'essai de $1,2 U_T/\sqrt{3}$ est appliquée entre l'*électrode de contact* et le conducteur du *câble de liaison*.

4.3.7 Boîtier de l'indicateur

Le boîtier de l'*indicateur* doit être dimensionné de façon telle qu'aucun amorçage ou claquage ne se produise lors de l'utilisation.

4.3.8 Isolation du câble de liaison

Le *câble de liaison* doit être constitué d'un câble à haute tension multibrins souple. L'isolation du *câble de liaison* et son raccordement à chacune des perches de comparaison du *comparateur de phase* doivent supporter une tension de $1,2 U_T$.

4.4 Exigences mécaniques

4.4.1 Généralités

Dans le cas d'un *comparateur de phase* en dispositif complet, une distance adéquate doit être fournie à l'utilisateur au moyen d'un *élément isolant*.

NOTE Pour un *comparateur de phase* en dispositif séparé, le choix d'une *perche isolante* appropriée fournira à l'utilisateur une distance adéquate.

4.4.2 Conception

Le *comparateur de phase* doit être conçu pour permettre son maniement par une personne seule.

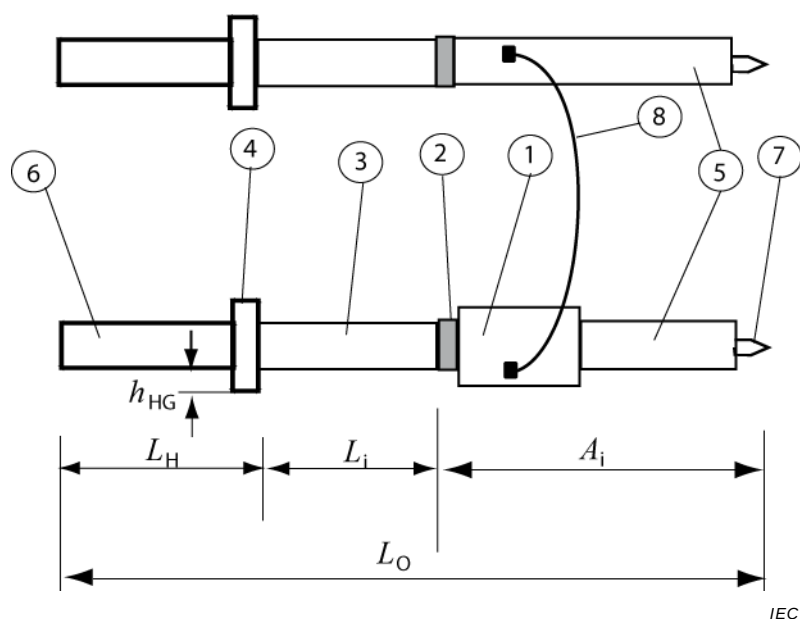
Le *comparateur de phase* en dispositif complet doit au moins comprendre les éléments suivants:

- poignée, *garde-main*, *élément isolant*, *indicateur*, *marque limite*, un *élément résistif* dans chacune des perches de comparaison avec un *câble de liaison* et une *électrode de contact* (voir Figure 1a).

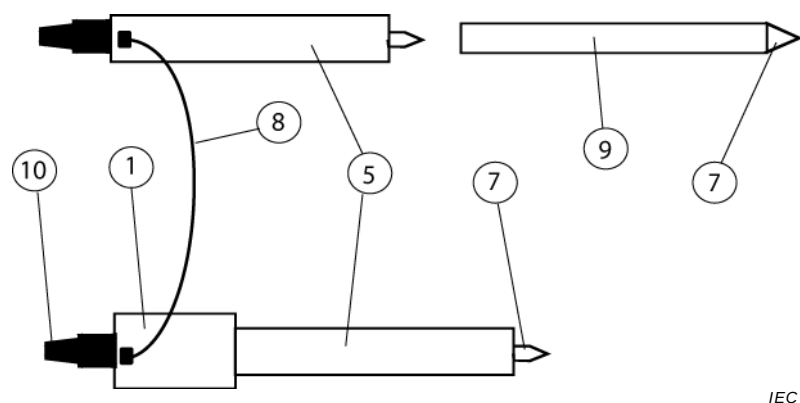
La *marque limite* peut se trouver d'un côté ou l'autre de l'*indicateur*.

Le *comparateur de phase* en dispositif séparé doit au moins comprendre les éléments suivants:

- *embout*, *indicateur*, un *élément résistif* dans chacune des perches de comparaison avec un *câble de liaison* et une *électrode de contact* (voir Figure 1b).



a) Exemple d'un comparateur de phase en dispositif complet



b) Exemple d'un comparateur de phase en dispositif séparé

Légende

1	indicateur	9	allonge d'électrode de contact (accessoire)
2	marque limite	10	embout (peut servir de marque limite)
3	élément isolant	h_{HG}	hauteur du garde-main
4	garde-main	L_H	longueur de la poignée
5	élément résistif	L_i	longueur de l'élément isolant
6	poignée	L_O	longueur totale du comparateur de phase
7	électrode de contact	A_i	profondeur d'insertion
8	câble de liaison		

Figure 1 – Illustration de différents éléments d'un comparateur de phase**4.4.3 Dimensions, construction**

La longueur minimale de l'élément isolant d'un comparateur de phase en dispositif complet doit être conforme au Tableau 2.

Tableau 2 – Longueur minimale de l'élément isolant (L_i) d'un comparateur de phase en dispositif complet

U_r kV	L_i mm
$1 < U_r \leq 7,2$	320
$7,2 < U_r \leq 12$	360
$12 < U_r \leq 17,5$	370
$17,5 < U_r \leq 24$	470
$24 < U_r \leq 36$	520

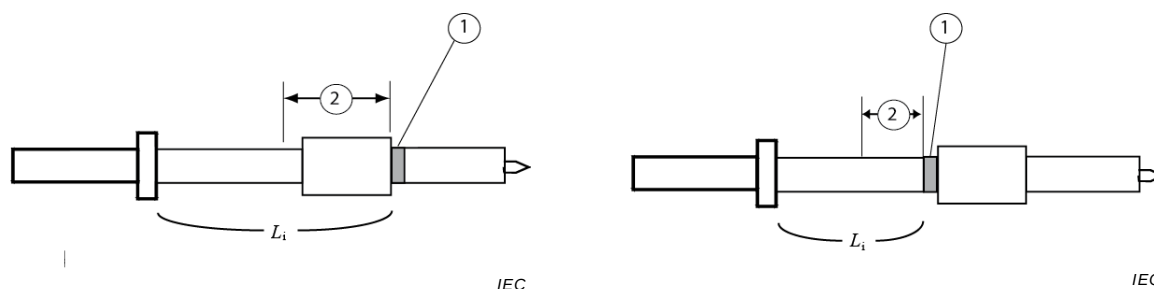
NOTE 1 La *tension nominale* U_n est utilisée quand les paramètres à spécifier sont en relation avec le dimensionnement de l'installation ou avec les performances fonctionnelles du *comparateur de phase*, alors que la *tension assignée* U_r est utilisée quand les performances d'isolation du *comparateur de phase* sont impliquées.

NOTE 2 Les valeurs L_i du Tableau 2 correspondent à la distance minimale dans l'air (tirée du Tableau 1 de l'IEC 61936-1:2010) augmentée d'une distance supplémentaire de sécurité.

NOTE 3 Les valeurs L_i du Tableau 2 peuvent être utilisées comme un guide dans la détermination de la longueur de la *perche isolante* à utiliser avec un *comparateur de phase* en dispositif séparé. Cependant, dans le cas d'un *comparateur de phase* en dispositif séparé, la longueur de la *perche isolante* pour les travaux sous tension peut être réduite soit en prenant en compte les distances minimales d'approche, soit en se conformant aux réglementations nationales ou régionales.

Dans le cas d'un *comparateur de phase* en dispositif complet et lorsque L_i est égale ou supérieure à 520 mm, des parties conductrices sont permises à l'intérieur de la longueur minimale de l'*élément isolant* à condition qu'elles soient complètement isolées de l'extérieur et situées adjacentes à la *marque limite* dans une seule section de l'*élément isolant* n'excédant pas 200 mm (voir la Figure 2).

NOTE 4 La performance de l'isolation couvrant les parties conductrices est vérifiée par l'essai de *protection contre le contournement* du 5.3.2.



Légende

- 1 *marque limite*
- 2 section de l'*élément isolant* où des parties conductrices sont permises (≤ 200 mm)
- L_i longueur minimale de l'*élément isolant*

Figure 2 – Emplacement des parties conductrices permises à l'intérieur de la longueur minimale de l'élément isolant d'une perche de comparaison d'un comparateur de phase en dispositif complet

Le *comparateur de phase* doit être construit de telle façon que, s'il est utilisé comme prévu, une distance minimale de 100 mm puisse être maintenue entre l'utilisateur et le *câble de liaison*. Dans certaines circonstances, d'autres distances peuvent être exigées et faire l'objet d'un accord entre le fabricant et le client.

La *marque limite* doit être d'une largeur d'environ 20 mm, être permanente et clairement reconnaissable par l'utilisateur.

Si un *comparateur de phase* en dispositif séparé ne possède pas de *marque limite*, l'extrémité de l'*embout* peut servir de *marque limite* (Figure 1b).

Pour un *comparateur de phase* en dispositif complet, la longueur de la poignée (L_H) doit être d'au moins 115 mm.

Pour un *comparateur de phase* en dispositif complet, le *garde-main* doit être fixé de façon permanente et avoir une hauteur minimale (h_{HG}) de 20 mm.

De façon à adapter le *comparateur de phase* à différentes utilisations, l'*électrode de contact* peut être facilement interchangeable avec d'autres types d'*électrodes de contact* selon le type d'installation à comparer et les instructions d'emploi.

Les parties composant un *comparateur de phase* prévu pour être démonté doivent être clairement marquées comme appartenant à un même assemblage.

Le *comparateur de phase* ne doit pas avoir de câble extérieur ou d'autres moyens de réalisation de connexion externe, à l'exception du *câble de liaison*.

Le *câble de liaison* doit être conçu et guidé pour résister aux forces qui apparaissent lorsqu'il est utilisé comme prévu. Il doit être souple, résistant à la déformation et au vieillissement.

4.4.4 Force de préhension et flèche

Le *comparateur de phase* doit être conçu pour faciliter un maniement fiable avec un effort physique raisonnable par l'utilisateur.

Le *comparateur de phase* doit être conçu de façon à permettre d'approcher en toute sécurité les parties de l'installation à comparer. La flèche de chaque perche de comparaison, sous son propre poids, doit être aussi faible que possible.

NOTE Pour un *comparateur de phase* en dispositif séparé, il est possible que le choix de la *perche isolante* influence de façon importante la force de préhension et la flèche.

4.4.5 Résistance aux vibrations

Le *comparateur de phase* doit résister aux vibrations.

4.4.6 Résistance aux chutes

Le *comparateur de phase* doit résister aux chutes.

4.4.7 Résistance aux chocs

Le *comparateur de phase* doit résister aux chocs.

4.5 Marquage

Chaque *comparateur de phase* doit posséder au moins les éléments de marquage suivants:

- la *tension nominale* et/ou la plage de *tensions nominales*;
- la fréquence nominale ou les fréquences nominales;
- le symbole de la classe de fonctionnement ("A", "B" ou "D");
- le nom ou la marque commerciale du fabricant;
- la référence du modèle, le numéro de série;
- l'indication du *type intérieur* ou extérieur;
- le symbole pour la ou les catégories climatiques ("C", "N" ou "W");
- le symbole "LU", le cas échéant;
- l'année de fabrication;

- le symbole IEC 60417-5216 (2002-10) – Approprié aux travaux sous tension; double triangle (voir l'Annexe B);

NOTE La proportion exacte de la hauteur de la figure à la base du triangle est de 1,43. Dans un souci pratique, la proportion peut se situer entre les valeurs de 1,4 et 1,5.

- le numéro de la norme IEC qui s'applique ("IEC 61481-2") adjacent au symbole double triangle.

Pour être marqué du numéro de la présente norme IEC, le produit doit satisfaire à toutes les exigences qui y sont spécifiées.

Avec chaque *comparateur de phase* ou avec chaque lot de *comparateurs de phase* à livrer, le fabricant doit fournir l'information relative au numéro de la norme IEC avec l'année de publication.

Dans le cas d'un *comparateur de phase* avec source d'énergie incorporée, le type d'alimentation doit être indiqué soit sur l'*indicateur*, soit dans le compartiment conçu pour recevoir l'alimentation, et la polarité lorsque cela est nécessaire.

Le marquage doit être lisible et permanent. La hauteur des caractères doit être d'au moins 3 mm. Le marquage ne doit pas altérer la qualité du *comparateur de phase*.

4.6 Instructions d'emploi

Chaque *comparateur de phase* couvert par la présente norme doit être accompagné des instructions d'emploi du fabricant.

Les instructions d'emploi doivent comprendre au minimum les informations de l'Annexe A.

Ces instructions doivent être préparées en conformité avec les dispositions générales de l'IEC 61477.

4.7 Exigences en cas de mauvais usage raisonnablement prévisible pendant les travaux sous tension

4.7.1 Sélection de la tension

Le cas échéant, en cas de position incorrecte du sélecteur de tension, le *comparateur de phase* ne doit pas donner une indication incorrecte de la relation de phase.

4.7.2 Sélection de la fréquence

Le cas échéant, en cas de position incorrecte du sélecteur de fréquence, le *comparateur de phase* ne doit indiquer aucune relation de phase.

5 Essais

5.1 Généralités

5.1.1 Dispositions d'essai

La présente norme fournit les dispositions d'essai pour démontrer que le produit satisfait aux exigences de l'Article 4. Ces dispositions d'essai sont principalement destinées à être utilisées comme essais de type permettant de valider la conception. Lorsque cela est approprié, des moyens alternatifs (calcul, examen, essais, etc.) sont spécifiés dans les paragraphes consacrés aux essais pour les *comparateurs de phase* issus de la production.

Les essais doivent être réalisés sur un *comparateur de phase* complètement assemblé, conformément aux instructions d'emploi. Sauf prescription contraire, dans le cas d'un

comparateur de phase en dispositif séparé, les essais doivent être réalisés avec chacune des perches de comparaison équipée d'une *perche isolante* qui satisfait aux 4.3.1, 4.4.1 et 4.4.3.

NOTE Il est essentiel que les essais soient réalisés au sein d'une structure d'essai compétente.

5.1.2 Conditions atmosphériques

Sauf spécification contraire, les essais sont effectués dans les conditions atmosphériques normales suivantes de l'IEC 60068-1 pour les essais et les mesures:

- température ambiante 15 °C à 35 °C;
- humidité relative 25 % à 75 %;
- pression atmosphérique 86 kPa à 106 kPa.

Pour les essais de type, le *comparateur de phase* doit être soumis à ces conditions pendant au moins 4 h avant de subir l'ensemble des essais.

5.1.3 Essais sous pluie

Avant les essais électriques, chaque *comparateur de phase* doit être nettoyé à l'isopropanol ($\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_3$) et ensuite séché à l'air pendant 15 min.

NOTE Il ne fait pas partie de cette norme de s'assurer que la législation applicable ainsi que les exigences de sécurité propres à l'usage de l'isopropanol sont respectées intégralement.

L'essai sous pluie doit être réalisé conformément au 4.4.1 de l'IEC 60060-1:2010 (procédure d'essai sous pluie) avec l'exception suivante: les ouvertures dans le récipient collecteur destiné à mesurer le débit doivent être inférieures ou égales à la section horizontale de l'*indicateur*.

5.1.4 Essai de type

5.1.4.1 Essai de type de la configuration de base

L'essai de type doit être effectué sur trois *comparateurs de phase* complets représentatifs de la production et sur trois éprouvettes de chaque matériau fournissant l'isolation haute tension, sauf pour l'essai du 5.2.3 qui est réalisé sur un seul *comparateur de phase*. Si plus d'un *comparateur de phase* ou plus d'une éprouvette ne satisfait pas à l'essai, l'essai a échoué. Si un seul *comparateur de phase* ou une seule éprouvette ne satisfait pas à l'essai, la séquence complète d'essai de type doit être répétée sur trois autres *comparateurs de phase* ou trois autres éprouvettes. Si un de ces nouveaux *comparateurs de phase* ou une de ces nouvelles éprouvettes ne satisfait pas à l'essai, l'essai de type est considéré comme ayant échoué.

NOTE Dans le cas particulier du 5.2.3, l'essai de type est considéré comme ayant échoué si le *comparateur de phase* ne satisfait pas à l'essai.

Les essais de type doivent être exécutés selon la séquence définie à l'Annexe C.

5.1.4.2 Essai de type des électrodes de contact supplémentaires et des accessoires

L'utilisation de différentes *électrodes de contact*, d'*accessoires* ou d'une combinaison d'*accessoires* peut affecter la performance du *comparateur de phase*.

Lorsque plusieurs *allonges d'électrode de contact* ou plusieurs *électrodes de contact* sont fournies, les essais suivants doivent être réalisés avec chaque *allonge d'électrode de contact*, chaque *électrode de contact* et chacune de leur combinaison:

- résistance aux vibrations (voir 5.4.4),
- résistance aux chutes (voir 5.4.5),
- *indication indiscutable* (voir 5.2.2),

- influence des champs électriques perturbateurs (voir 5.2.4),
- *protection contre le contournement* pour un *comparateur de phase* de type *intérieur/extérieur* (voir 5.3.2),
- *protection contre le contournement* pour un *comparateur de phase* de type *extérieur* (voir 5.3.3),
- résistance à l'amorçage (voir 5.3.4).

Ces essais de type peuvent être réalisés

- sur un même ensemble de *comparateurs de phase*, ceux-ci étant équipés successivement avec les différentes *électrodes de contact*, les différents *accessoires* ou combinaisons d'*accessoires*, ou
- sur différents ensembles de *comparateurs de phase*, chaque ensemble étant équipé avec un *accessoire* ou une combinaison différente d'*accessoires*.

Dans le cas de différents ensembles de *comparateurs de phase*, si pour chaque ensemble plus d'un *comparateur de phase* ne satisfait pas à l'essai, l'essai a échoué. Pour chaque ensemble, si un seul *comparateur de phase* ne satisfait pas à l'essai, la séquence complète pour l'essai de type qui s'y rapporte (voir 5.1.4.1) doit être répétée sur un nouvel ensemble de trois *comparateurs de phase*. Si un de ces trois nouveaux *comparateurs de phase* ne satisfait pas à l'essai, l'essai de type pour cette configuration est considéré comme ayant échoué.

5.1.4.3 Essai de type d'une famille de comparateurs de phase

Dans le cas de *comparateurs de phase* de la même famille, ce qui suit s'applique:

- Les essais de type doivent être réalisés aux *tensions nominales* inférieure et supérieure qui délimitent la *famille de comparateurs de phase*. Dans les limites de cette famille, les essais de *protection contre le contournement* (5.3.2 et 5.3.3) doivent être réalisés pour chaque distance d_1 du Tableau 6 à la tension maximale de chaque plage de tensions. Les essais mécaniques doivent être réalisés une seule fois selon les conditions les plus sévères.
- L'essai d'*indication indiscutable* (voir 5.2.2) doit être réalisé à chaque *tension nominale* ou plage de *tensions nominales*. Lors de tout changement du montage d'essai à l'intérieur d'une plage de *tensions nominales* du *comparateur de phase*, l'essai correspondant doit être réalisé.

5.1.5 Méthodes d'essai

Les essais doivent être réalisés en utilisant une source d'énergie alternative conformément aux exigences données dans l'IEC 60060-1.

La valeur maximale de la tension d'essai doit être atteinte dans un délai de 10 s à 20 s.

Tous les types de *comparateurs de phase* (intérieur et extérieur) doivent être soumis aux essais dans des conditions sèches.

Sauf spécification contraire,

- une tolérance de ± 3 % est permise sur toutes les valeurs prescrites,
- les essais diélectriques doivent être effectués à une fréquence de 50 Hz ou 60 Hz,
- des essais supplémentaires applicables aux *comparateurs de phase* de type *extérieur* doivent être exécutés dans des conditions de pluie.

On ne doit pas appliquer de facteur de correction aux tensions d'essai en fonction des conditions climatiques.

5.2 Essais de fonctionnement

5.2.1 Description des montages d'essai et critères généraux de réussite

Les essais doivent être réalisés en utilisant un montage d'essai composé de deux assemblages boule-anneau tel qu'illustré à la Figure 3 et à la Figure 4 et selon les dimensions spécifiées dans le Tableau 3. Les Figures 3 et 4 présentent deux positions différentes de l'électrode boule par rapport à l'électrode en anneau qui lui est associée. Les deux montages d'essai permettent de simuler diverses configurations d'installations.

Il est important de limiter l'influence des éléments qui assurent le support mécanique et les connexions électriques avec le montage d'essai sur la configuration du champ électrique autour des électrodes d'essai.

A cette fin, une zone sphérique est définie autour de chaque électrode d'essai (boule et anneau), dans laquelle seuls les éléments illustrés aux Figures 3 or 4 sont permis.

Pour chaque électrode boule, l'élément de support doit permettre la connexion à la source de tension. La connexion électrique doit être constituée d'un câble ayant une section de conducteur de 2 mm² à 5 mm² inséré dans un tube isolant qui procure un support mécanique et une isolation électrique supplémentaire.

Pour chaque électrode en anneau, le ou les éléments assurant le support mécanique ainsi que ceux assurant la connexion électrique doivent demeurer à l'extérieur de la zone sphérique sauf pour leurs dispositifs d'attache à l'anneau qui doivent être le plus petit possible.

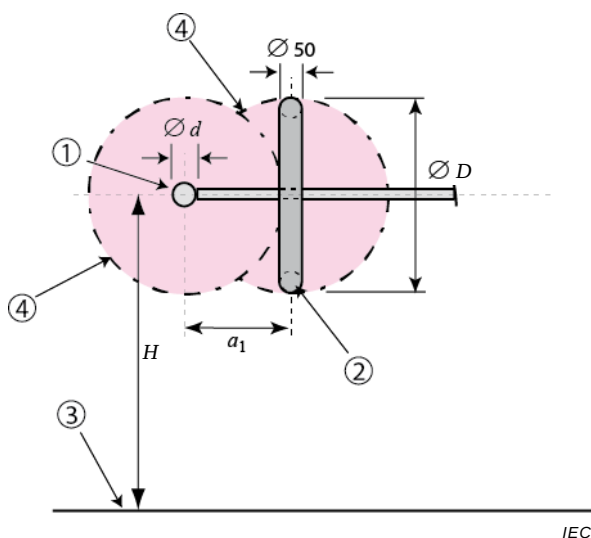
Le plancher de la salle d'essai doit être conducteur ou recouvert de tapis conducteurs et relié à la terre. Les essais doivent être conduits dans une salle sans champs perturbateurs étrangers indésirables. A l'exception des éléments isolants servant de support au montage d'essai, aucun objet ne doit se situer à l'intérieur d'une distance H entre le montage d'essai et le plancher (sol) et à l'intérieur d'une distance W entre le montage d'essai et toutes les autres directions conformément au Tableau 3.

Chaque perche de comparaison du *comparateur de phase* doit être fixée par sa poignée au moyen d'un support isolant, de manière telle que son *électrode de contact* touche une électrode boule et que l'*indicateur* soit approximativement concentrique à l'électrode en anneau qui lui est associée (selon l'axe horizontal) (voir la Figure 5). Par un moyen adéquat, une connexion électrique adaptée ainsi qu'une pression mécanique doivent être assurées entre l'*électrode de contact* de la perche de comparaison et l'électrode boule sans pour autant perturber le champ électrique local. Un exemple d'un tel moyen est illustré à la Figure 6a. Il est aussi possible de modifier l'électrode boule sans perturber le champ électrique local. Un exemple d'une telle modification de l'électrode boule est illustré à la Figure 6b.

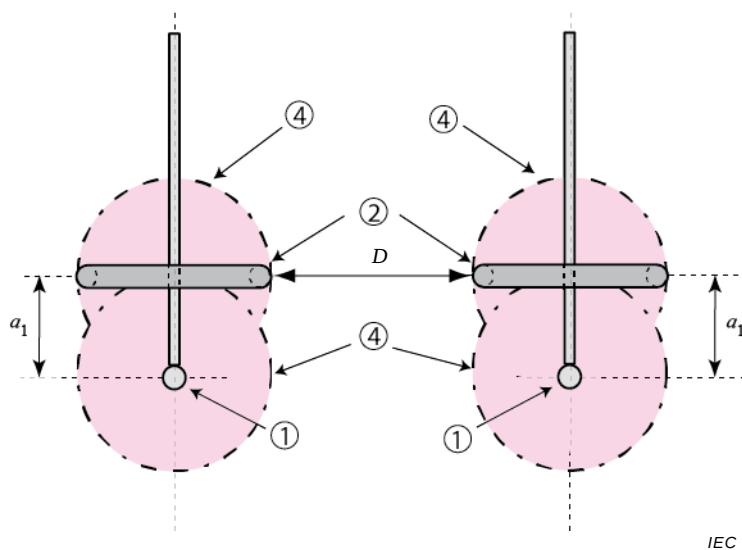
Pour se conformer sans aucune restriction à la présente norme, le *comparateur de phase* doit satisfaire aux essais réalisés avec les montages d'essai des Figures 3 et 4.

Lorsque le *comparateur de phase*, sans aucun *accessoire*, ne satisfait qu'aux essais réalisés avec le montage d'essai de la Figure 3, il doit être marqué "LU" (utilisation limitée).

Dimensions en millimètres



a) Vue latérale



b) Vue de dessus

Légende

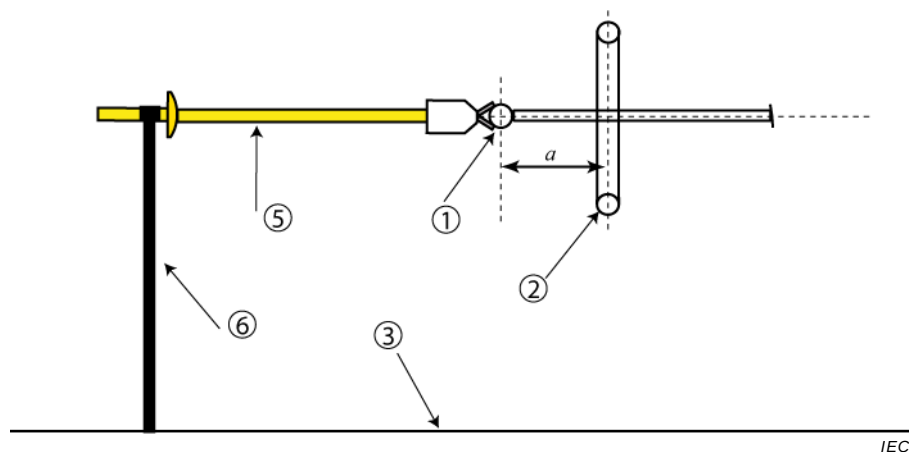
- | | |
|--|--|
| 1 électrodes boule (B1 et B2) de diamètre $\varnothing d$ avec leur élément de support | a_1 distance inter-électrodes |
| 2 électrodes en anneau (R1 et R2) de diamètre $\varnothing D$ | D distance entre les deux électrodes en anneau |
| 3 sol (plancher) | H distance entre le montage d'essai et le sol |
| 4 zone sphérique de diamètre $\varnothing D$ autour de chaque électrode d'essai | |

NOTE Le diamètre "D" et la distance "D" sont de la même valeur.

Figure 3 – Montage d'essai pour l'indication indiscutable avec l'électrode boule devant son électrode en anneau

Tableau 3 – Dimensions du montage d’essai boule-anneau

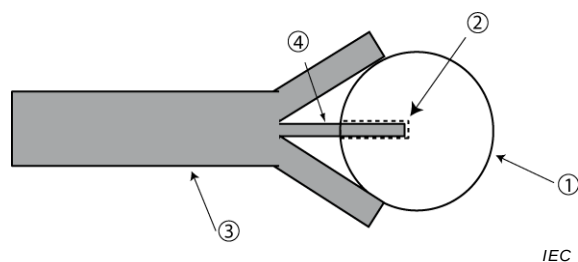
U_n	Distance inter-électrodes lorsque la boule est devant l’anneau a_1 mm	Distance inter-électrodes lorsque la boule est derrière l’anneau a_2 mm	H mm	Diamètre “ $\varnothing D$ ” et distance “ D ” mm	d mm	w (3 fois D) Distance de dégagement entre le montage d’essai complet et tout objet étranger mm
kV						
$1 < U_n \leq 12$		100				
$12 < U_n \leq 24$	300	270	1 500	550	$\varnothing 60$	$> 1\,650$
$24 < U_n \leq 36$		430				



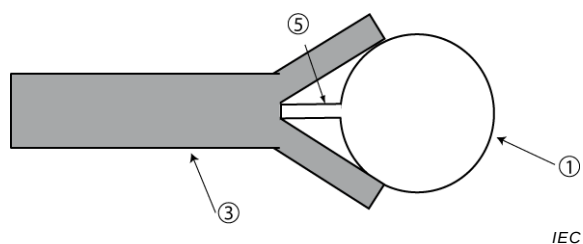
Légende

- 1 électrode boule
- 2 électrode en anneau
- 3 sol (plancher)
- 5 perche de comparaison du *comparateur de phase* (en dispositif complet ou équipé d'une *perche isolante*)
- 6 un support isolant qui maintient la perche de comparaison en position horizontale par rapport au sol

Figure 5 – Exemple de mise en place d'une perche de comparaison d'un comparateur de phase relativement à un assemblage boule-anneau



a) Modification apportée à une électrode de contact utilisée pour les essais



b) Modification apportée à l'électrode boule

Légende

- 1 électrode boule
- 2 trou cylindrique percé dans l'électrode boule
- 3 *électrode de contact* en Y
- 4 tige cylindrique fixée à l'*électrode de contact* en Y, dimensionnée de façon à s'ajuster parfaitement au trou dans l'électrode boule
- 5 tige cylindrique fixée à l'électrode boule

Figure 6 – Exemple de moyens adéquats pour assurer un bon contact entre une électrode de contact et l'électrode boule

5.2.2 Indication indiscutable

La description des montages d'essai et les critères généraux de réussite sont ceux présentés au 5.2.1.

Pour la réalisation des essais d'*indication indiscutable*, les deux électrodes en anneau, désignées R1 et R2, doivent être reliées à la terre.

Dans le cas d'un *comparateur de phase* ayant une seule *tension nominale* U_n , l'essai doit être réalisé à cette *tension nominale*.

Dans le cas d'un *comparateur de phase* ayant plus d'une *tension nominale*, l'essai doit être réalisé à chaque *tension nominale*.

Dans le cas d'un *comparateur de phase* ayant une plage de *tensions nominales*, l'essai doit être réalisé à la plus basse ($U_{n \min}$) et à la plus haute valeur ($U_{n \max}$) de tension de la plage de *tensions nominales*.

Dans le cas d'un *comparateur de phase* ayant plus d'une plage de *tensions nominales*, l'essai doit être réalisé à la plus basse et à la plus haute valeur de tension de chaque plage de *tensions nominales*.

Chaque perche de comparaison du *comparateur de phase* doit être placée en position horizontale et son *électrode de contact* doit être raccordée à l'une des électrodes boule du montage d'essai désignées B1 et B2.

Pour la série d'essais 1, les électrodes d'essai doivent avoir une tension et une relation de phase telles qu'identifiées dans le Tableau 4.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si l'indication "relation de phase incorrecte" n'apparaît pas ou si l'indication "relation de phase correcte" apparaît selon le type d'indication du *comparateur de phase*.

Cet essai doit être répété tandis que le *câble de liaison* est balayé par une électrode boule d'un diamètre de 50 mm et reliée à la terre. L'essai doit être considéré comme satisfaisant si l'indication "relation de phase incorrecte" n'apparaît pas ou si l'indication "relation de phase correcte" apparaît selon le type d'indication du *comparateur de phase*.

Pour la série d'essais 2, les électrodes d'essai doivent avoir une tension et une relation de phase telles qu'identifiées au Tableau 4.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si l'indication "relation de phase incorrecte" apparaît.

Cet essai doit être répété tandis que le *câble de liaison* est balayé par une électrode boule d'un diamètre de 50 mm et reliée à la terre. L'essai doit être considéré comme satisfaisant si l'indication «relation de phase incorrecte» apparaît.

Tableau 4 – Séries d’essai et conditions pour une indication indiscutable

Séries d'essais	Tension d'essai sur les deux assemblages boule-anneau (B1-R1 et B2-R2)				Indication requise	
	B1	R1	B2	R2	Relation de phase incorrecte	Relation de phase correcte
1	$(U_{n\max} - 10\%) / \sqrt{3}$	terre	$(U_{n\max} + 10\%) / \sqrt{3}$ ^a 10 degrés	terre	non	oui
2	$(U_{n\min} - 10\%) / \sqrt{3}$	terre	$(U_{n\min} - 10\%) / \sqrt{3}$ ^b 30 degrés	terre	oui	non
^a 10% de la <i>tension nominale</i> correspond à la fluctuation lente de tension possible en réseau.						
^b Une différence de phase selon la classe du <i>comparateur de phase</i> (voir 4.2.1) doit être réglée. Les valeurs correspondant à la classe de fonctionnement A sont utilisées dans le tableau à titre d'exemple.						

5.2.3 Compatibilité électromagnétique (CEM)

5.2.3.1 Essai de type

Le *comparateur de phase* doit être soumis et doit satisfaire aux essais de l'IEC 61326-1 qui s'appliquent pour:

- les exigences d'immunité des appareils portatifs alimentés par batterie ou par le circuit étant mesuré avec les paramètres d'essai suivants:

Description	Accès	Essai	Paramètres
Décharge électrostatique (DES)	Enveloppe	IEC 61000-4-2	4 kV/8 kV (contact/air)
Immunité au champ électromagnétique RF	Enveloppe	IEC 61000-4-3	3 V/m de 80 MHz à 1 GHz (niveau 2) 3 V/m de 1,4 GHz à 2 GHz (niveau2) 1 V/m de 2 GHz à 2,7 GHz
Immunité au champ magnétique à la fréquence industrielle	Enveloppe	IEC 61000-4-8	100 A/m

NOTE Le niveau 2 correspond à un environnement électromagnétique modéré. C'est le cas pour le système mondial de communications mobiles (GSM), par exemple les transmetteurs fixes, tels que les antennes micro-ondes pour téléphones cellulaires, installées dans les structures ou postes de transmission.

Avec les critères de réussite suivants, pour tous les essais de CEM:

Fonction	Critère
Fonctionnement du <i>comparateur de phase</i>	B
Fonctionnement du <i>dispositif de contrôle</i>	B

- les exigences de limite d'émission des matériels prévus pour usage sur les sites industriels avec les paramètres d'essai suivants:

Description	Accès	Essai	Paramètres
Caractéristiques de perturbations radio	Enveloppe	CISPR 11	Classe A

Le *comparateur de phase* doit être configuré dans un mode qui représente les conditions normales de travail conformément aux instructions d'emploi.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si les indications qui s'appliquent ne sont pas affectées.

5.2.3.2 Moyen alternatif pour les comparateurs de phase issus de la production

En fin de cycle de production, il n'est pas pratique de réaliser les essais de CEM pour contrôler la conformité aux exigences pertinentes. Néanmoins, le fabricant doit prouver qu'il a suivi la même procédure documentée d'assemblage que pour le dispositif soumis à l'essai de type.

5.2.4 Influence des champs électriques perturbateurs

5.2.4.1 Généralités

La description des montages d'essai et les critères généraux de réussite sont ceux présentés au 5.2.1.

L'essai consiste à réaliser les séries d'essais selon les conditions données au Tableau 5.

5.2.4.2 Influence du champ perturbateur en phase

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si l'indication requise dans la série d'essais appropriée du Tableau 5, apparaît.

5.2.4.3 Influence du champ perturbateur en opposition de phase

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si l'indication requise dans la série d'essais appropriée du Tableau 5, apparaît.

Tableau 5 – Séries d’essais et conditions pour l’influence des champs électriques perturbateurs

Séries d’essais	Tension d’essai sur les deux assemblages boule-anneau (B1-R1 et B2-R2)			Indication requise	
	B1	R1	B2	R2	“Relation de phase incorrecte” “Relation de phase correcte”
Influence du champ électrique perturbateur en phase					
1	$(U_{n\max} - 10\%) / \sqrt{3}$	$(U_{n\max} - 10\%) / \sqrt{3}$	$(U_{n\max} + 10\%) / \sqrt{3}$ 10 degrés	terre	non oui
2	$(U_{n\min} - 10\%) / \sqrt{3}$	$(U_{n\min} - 10\%) / \sqrt{3}$	$(U_{n\min} - 10\%) / \sqrt{3}$ 30 degrés ^a	terre	oui non
Influence du champ électrique perturbateur en opposition de phase					
1	$(U_{n\max} - 10\%) / \sqrt{3}$	terre	$(U_{n\max} + 10\%) / \sqrt{3}$ 10 degrés	$(U_{n\max} + 10\%) / \sqrt{3}$	non oui
2	$(U_{n\min} - 10\%) / \sqrt{3}$	terre	$(U_{n\min} - 10\%) / \sqrt{3}$ 30 degrés ^a	$(U_{n\min} - 10\%) / \sqrt{3}$	oui non
^a Une différence de phase selon la classe du comparateur de phase (voir 4.2.1) doit être réglée. Les valeurs correspondant à la classe de fonctionnement A sont utilisées dans le tableau à titre d'exemple.					

5.2.5 Perceptibilité indiscutable

5.2.5.1 Perceptibilité indiscutable de l'indication visuelle

5.2.5.1.1 Essai de type

Le montage d'essai est donné à la Figure 7.

L'intensité de la lumière frappant un écran gris dépoli avec un indice de réflectivité de 18 % et la source lumineuse de l'*indicateur* doit être de:

- a) 50 000 lux $\pm$ 10 % pour le *comparateur de phase* de *type extérieur* avec une lumière normalisée D₅₅ selon la CIE 15 correspondant à une température de couleur de 5 500 K $\pm$ 10 %.
- b) 1 000 lux $\pm$ 10 % pour le *comparateur de phase* de *type intérieur* avec une lumière normalisée A selon la CIE 15 correspondant à une température de couleur de 3 200 K $\pm$ 10 %.

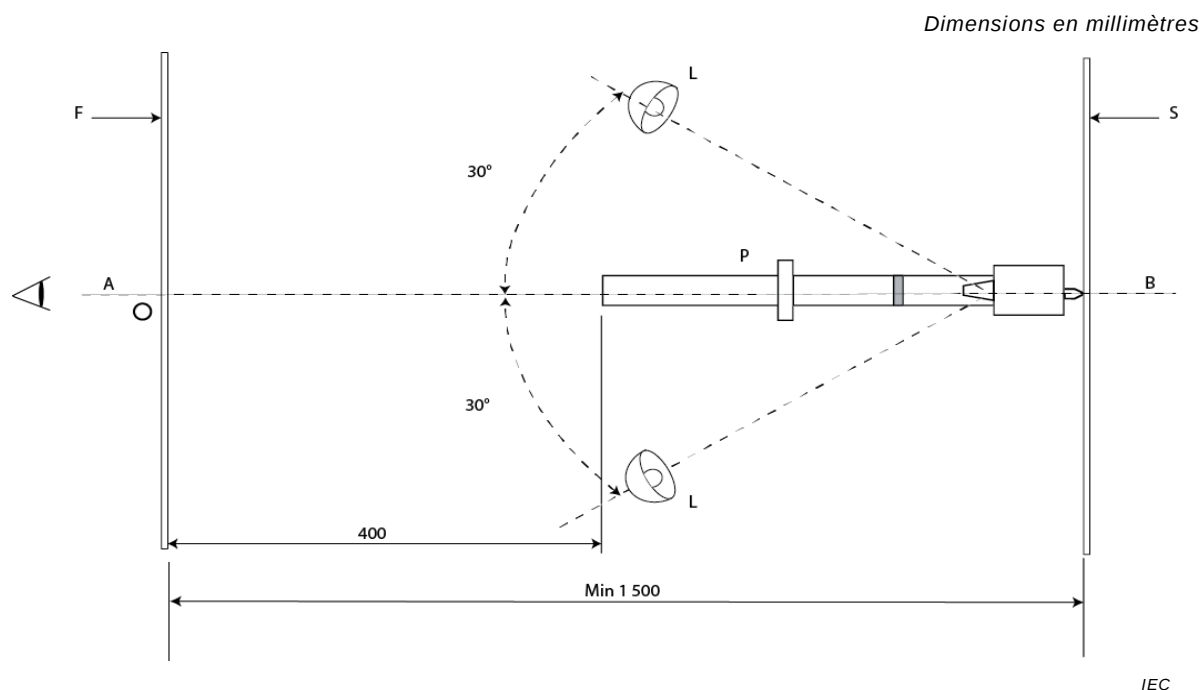
La perche de comparaison contenant l'indication doit être positionnée dans la direction de l'axe A – B et sa source lumineuse doit être centrée sur l'axe A – B, selon la Figure 7a, en utilisation normale.

L'indication "relation de phase incorrecte" et/ou "relation de phase correcte" doit être provoquée plusieurs fois à des intervalles irréguliers inconnus de l'observateur en établissant la tension correspondante sur la ou les électrodes d'essai.

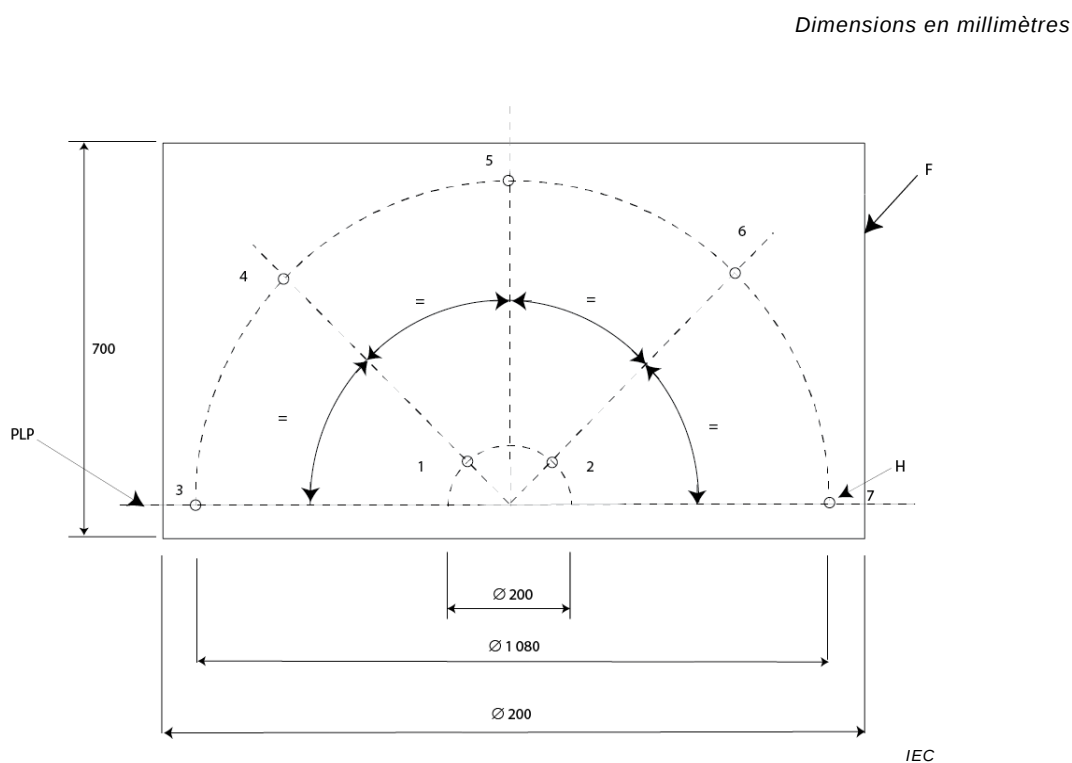
L'essai peut être réalisé en alimentant le *comparateur de phase* par tout autre moyen approprié si les mêmes résultats sont obtenus.

Trois observateurs d'acuité visuelle moyenne regardent vers le *comparateur de phase* à travers des trous de 5 mm dans la plaque de façade (voir Figure 7b). La distance minimale entre la plaque avant et l'écran doit être de 1 500 mm.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si la ou les indications sont vues par les trois observateurs à travers chaque trou.



a) Vue de dessus



b) Vue de face de la plaque avant

Légende

P	perche de comparaison du comparateur de phase	S	écran gris-clair 1 000 × 1 000
F	plaque avant perforée de 3 mm d'épaisseur	H	sept trous de 5 mm de diamètre
L	source lumineuse	PLP	plan des sources lumineuses et perche de comparaison du comparateur de phase

Figure 7 – Montage d'essai de la perceptibilité indiscutable de l'indication visuelle

5.2.5.1.2 Essai alternatif pour les comparateurs de phase issus de la production

L'essai alternatif consiste à comparer la perceptibilité de l'indication visuelle d'un *comparateur de phase* issu de la production à celle d'un *comparateur de phase* qui a satisfait à l'essai de type conformément au 5.2.5.1.1 (*comparateur de phase* de référence). L'essai doit être considéré comme satisfaisant si les deux perceptibilités sont à peu près identiques.

5.2.5.2 Perceptibilité indiscutable de l'indication sonore (le cas échéant)

5.2.5.2.1 Essai de type

L'essai doit être réalisé en champ libre sur plan réfléchissant, dans un environnement conforme aux exigences de l'Annexe A de l'ISO 3744:2010.

NOTE De telles conditions peuvent être rencontrées en chambre semi-anéchoïque.

La valeur moyenne du niveau du bruit de fond, sur l'ensemble des positions du microphone, doit être inférieure d'au moins 6 dB(A), mais de préférence inférieure de plus de 15 dB(A) au niveau de pression acoustique à mesurer. Si la différence entre les niveaux de pression acoustique du bruit de fond et celui émis par la source est comprise entre 6 dB(A) et 15 dB(A), une correction doit être appliquée comme décrit en 8.2.3 de l'ISO 3744:2010.

Le système d'instrumentation, incluant le microphone et le câble, doit être en conformité avec les exigences pour les instruments de classe 1 spécifiées dans l'IEC 61672-1. Les filtres utilisés doivent être en conformité avec les exigences pour les instruments de classe 1 spécifiées dans l'IEC 61260.

Pendant chaque série de mesures, un calibre acoustique d'une précision de classe 1 spécifiée dans l'IEC 60942 doit être appliqué au microphone pour vérifier l'étalonnage de tout le système d'instrumentation.

L'indication "relation de phase incorrecte" et/ou "relation de phase correcte" doit être provoquée en alimentant la ou les électrodes d'essai avec la tension correspondante.

L'essai peut être réalisé en alimentant le *comparateur de phase* par tout autre moyen approprié si les mêmes résultats sont obtenus.

La perche de comparaison contenant l'indication doit être disposée suivant la Figure 8a), de telle manière que l'axe acoustique du *comparateur de phase* soit parallèle au sol et à au moins 1,5 m de toute surface réfléchissante.

Un plan de mesure doit être placé perpendiculairement à l'axe sonore selon la Figure 8a). La distance de 400 mm peut être augmentée de 200 mm si cela permet de mesurer des intensités sonores supérieures.

Les mesures doivent être effectuées pour les indications «relation de phase incorrecte» et/ou «relation de phase correcte» à chacune des douze positions du microphone, selon la Figure 8b). Le niveau de pression acoustique doit être mesuré dans chaque bande d'octave de la plage de fréquences allant de 1 000 Hz à 4 000 Hz, avec le niveau acoustique pondéré A.

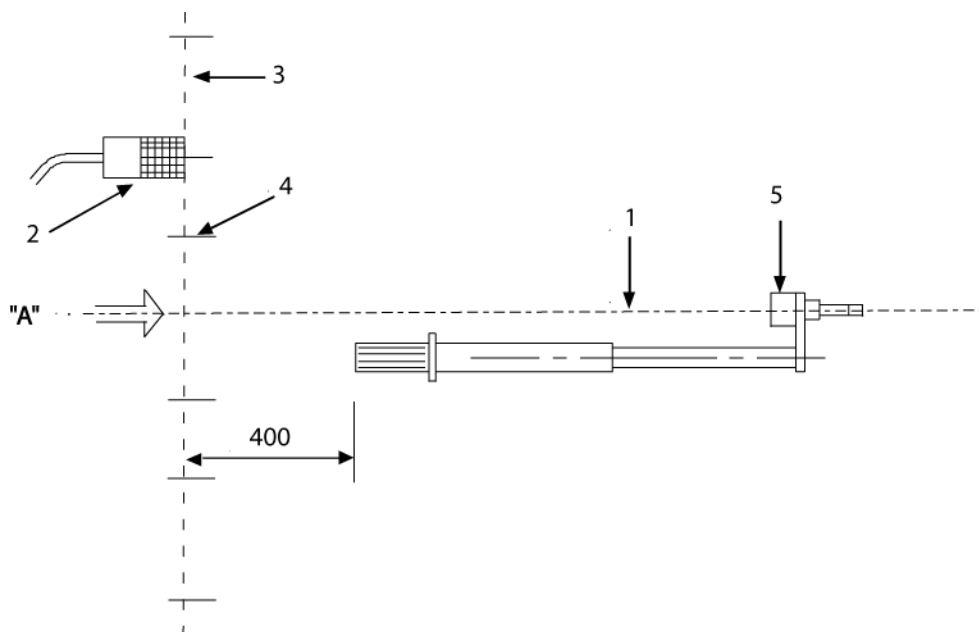
La période d'observation doit être d'au moins 10 s pour un signal continu. Pour un signal intermittent, le temps d'intégration de la mesure doit être plus court que la durée du signal.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si, pour chacune des positions du microphone, le niveau de pression acoustique dans au moins une bande d'octave de la plage de fréquences considérée est supérieur à

- 70 dB(A), (réf.: 20 µPa) pour un *comparateur de phase* avec signal sonore continu;
- 67 dB(A), (réf.: 20 µPa) pour un *comparateur de phase* avec signal sonore intermittent.

D'autres valeurs plus élevées peuvent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et le client pour une utilisation spécifique en zones très bruyantes.

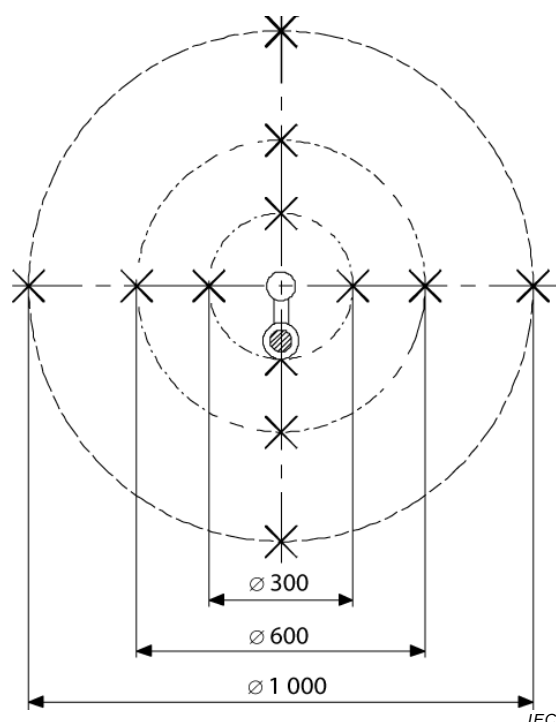
Dimensions en millimètres



a) Vue latérale

IEC

Dimensions en millimètres



b) Vue de face à partir de "A"

IEC

Légende

- | | | | |
|---|----------------------|--------|---|
| 1 | axe sonore | 4 et X | points de mesure |
| 2 | microphone de mesure | 5 | perche de comparaison du comparateur de phase |
| 3 | plan de mesure | | |

Figure 8 – Montage d'essai de la perceptibilité indiscutable de l'indication sonore

5.2.5.2.2 Essai alternatif pour les comparateurs de phase issus de la production

L'essai alternatif consiste à comparer la perceptibilité de l'indication sonore d'un *comparateur de phase* issu de la production à celle d'un *comparateur de phase* qui a satisfait à l'essai de type conformément au 5.2.5.2.1 (*comparateur de phase* de référence). L'essai doit être considéré comme satisfaisant si les deux perceptibilités sont à peu près identiques.

5.2.6 Influence de la fréquence

5.2.6.1 Essai de type

Les essais concernant l'*indication indiscutable* sont réalisés en utilisant le montage d'essai et la procédure d'essai de 5.2.1 et 5.2.2.

Pour un *comparateur de phase* avec une seule fréquence nominale, les essais doivent être réalisés à 99,8 % et 100,2 % de la fréquence nominale sur les deux électrodes d'essai boules.

Pour un *comparateur de phase* avec deux fréquences nominales, les essais doivent être réalisés à 99,8 % et 100,2 % de chaque fréquence nominale sur les deux électrodes d'essai boules.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si les sanctions du 5.2.2 sont satisfaites.

5.2.6.2 Moyen alternatif pour les comparateurs de phase issus de la production

Le fabricant doit prouver qu'il a suivi la même procédure documentée d'assemblage que pour le dispositif soumis à l'essai de type. Le fabricant doit documenter les composants qui affectent la performance vis à vis des variations de la fréquence nominale.

5.2.7 Temps de réponse

5.2.7.1 Essai de type

Selon le type d'indication du *comparateur de phase* deux tensions du Tableau 4 (série d'essai 1 ou 2) doivent être appliquées aux électrodes d'essai boules B1 et B2 (voir Figure 3) afin d'obtenir une *indication indiscutable* de la relation de phase.

Les électrodes d'essai en anneau R1 et R2 doivent être mises à la terre.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si, en moins de 1 s après la mise en contact de la perche de comparaison qui s'applique avec l'électrode B2, l'*indication indiscutable* appropriée apparaît.

5.2.7.2 Moyen alternatif pour les comparateurs de phase issus de la production

Le fabricant doit prouver qu'il a suivi la même procédure documentée d'assemblage que pour le dispositif soumis à l'essai de type. Le fabricant doit documenter les composants qui affectent le *temps de réponse*.

5.2.8 Sûreté de fonctionnement de l'alimentation

5.2.8.1 Essai de type

L'essai doit être effectué pour un *comparateur de phase* à source d'alimentation incorporée uniquement.

Le *comparateur de phase* doit être connecté à une source de tension avec une tension d'essai et une différence de phase qui provoque l'indication "relation de phase incorrecte" ou "relation de phase correcte".

Le *comparateur de phase* doit être retiré de la source de tension et, après coupure automatique ou manuelle, il doit être remis en marche après 2 min. Ensuite, il doit être reconnecté à la source de tension.

Ces procédures doivent être répétées jusqu'à ce que:

- soit une indication est donnée que le *comparateur de phase* n'est plus opérationnel,
- soit le *comparateur de phase* est mis automatiquement hors service pour cette raison.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si l'une des exigences mentionnées ci-dessus est satisfaite et si pendant chaque étape d'essai le *signal actif* attendu apparaît.

La durée d'essai peut être réduite en utilisant d'autres méthodes qui donnent le même résultat (ex: l'utilisation d'une alimentation incorporée qui a perdu de sa charge mais avec encore suffisamment d'énergie pour assurer un bon fonctionnement, ou l'utilisation d'une alimentation séparée).

5.2.8.2 Moyen alternatif pour les comparateurs de phase issus de la production

Le fabricant doit prouver qu'il a suivi la même procédure documentée d'assemblage que pour le dispositif soumis à l'essai de type. Le fabricant doit documenter les composants qui affectent la sécurité sur l'état de fonctionnement de l'alimentation.

5.2.9 Vérification du dispositif de contrôle

5.2.9.1 Essai de type

Le *dispositif de contrôle* est actionné selon les instructions d'emploi.

Un signal visuel et, le cas échéant, sonore doit apparaître conformément aux instructions d'emploi. Le *dispositif de contrôle* doit être activé trois fois et un signal doit apparaître chaque fois.

Le circuit électrique (et l'organigramme, lorsqu'un programme informatique est utilisé) doit être contrôlé pour vérifier que tous les circuits sont soumis à l'essai, sauf ceux mentionnés dans les instructions d'emploi.

5.2.9.2 Essai alternatif pour les comparateurs de phase issus de la production

La procédure d'essai du 5.2.9.1 doit être réalisée sauf pour le contrôle du circuit électrique.

5.2.10 Temps de fonctionnement

5.2.10.1 Essai de type

Le *comparateur de phase* doit être connecté à une source de tension avec une tension d'essai de $1,2 U_n$ et une différence de phase qui provoque l'indication «relation de phase incorrecte» ou «relation de phase correcte». La tension d'essai doit être appliquée aux *électrodes de contact* du *comparateur de phase* pendant le temps de fonctionnement maximal déclaré par le fabricant dans les instructions d'emploi.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si l'indication attendue est ininterrompue pendant toute la période d'essai.

5.2.10.2 Moyen alternatif pour les comparateurs de phase issus de la production

Le fabricant doit prouver qu'il a suivi la même procédure documentée d'assemblage que pour le dispositif soumis à l'essai de type. Le fabricant doit documenter les composants qui affectent le temps de fonctionnement.

5.3 Essais diélectriques

5.3.1 Matériaux isolants des tubes et des tiges

5.3.1.1 Essai de type

Ces essais doivent être réalisés uniquement sur les matériaux qui ne sont pas couverts par l'IEC 60855-1 ou l'IEC 61235.

Les parties isolantes de longueur comprise entre 60 mm et 200 mm doivent être soumises à l'essai sur toute leur longueur. Pour les longueurs plus importantes, des éprouvettes de 200 mm doivent être fabriquées. Les extrémités des éprouvettes ne doivent pas être obturées pour l'essai.

Une bande d'approximativement 0,5 mm d'épaisseur et de 10 mm de largeur doit être enlevée sur toute la longueur de l'axe de chaque éprouvette. L'éprouvette doit être plongée dans de l'eau ayant une résistivité de 100 $\Omega \cdot m$ au maximum à une température de $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ pendant 96 h.

A la fin de cette période, l'eau adhérente doit être essuyée. Une électrode-ruban de 20 mm de largeur en matériau conducteur doit être immédiatement appliquée sur la surface extérieure, aux deux extrémités de l'éprouvette. Après une période de séchage de $15\text{ min} \pm 1\text{ min}$, dans une salle à une température de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ K}$, une tension d'essai de 1 kV/cm doit être appliquée pendant 5 min.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si à aucun moment le courant n'est supérieur à 50 μA efficace pendant les 4 dernières minutes.

Après avoir enlevé les éprouvettes, le courant traversant le montage d'essai ne doit pas dépasser 10 μA efficace avec application de la tension d'essai.

5.3.1.2 Moyen ou essai alternatif pour les comparateurs de phase issus de la production

(A l'étude).

5.3.2 Protection contre le contournement pour un comparateur de phase de type intérieur/extérieur

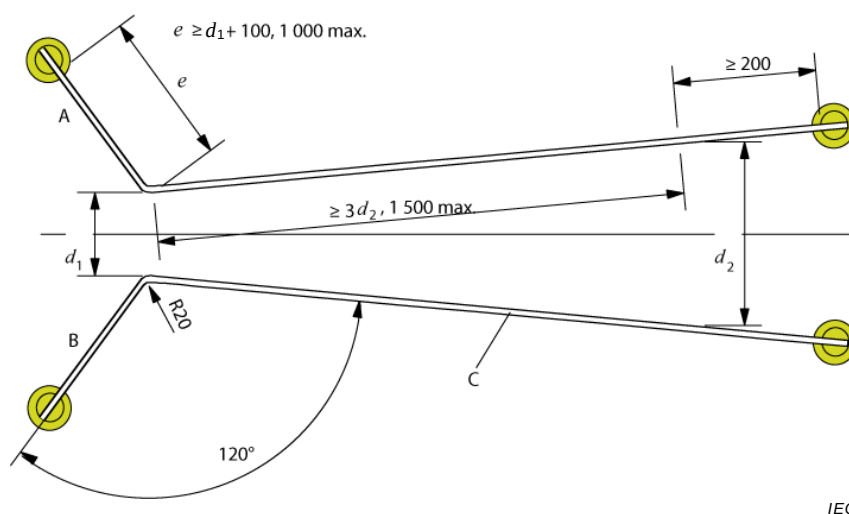
5.3.2.1 Généralités

Chaque perche de comparaison du *comparateur de phase* doit être soumise aux essais. Le *câble de liaison* doit aussi être soumis aux essais.

L'essai sur chacune des perches de comparaison du *comparateur de phase* concerne la partie de la perche de comparaison du *comparateur de phase* située entre la *marque limite* et l'extrémité de l'*électrode de contact*. Lorsqu'il n'y a pas de *marque limite* comme dans le cas d'un *comparateur de phase* en dispositif séparé, l'extrémité de l'*embout* doit être considérée comme la *marque limite* (Figure 1b).

Le montage d'essai utilisé pour la *protection contre le contournement* est donné à la Figure 9.

Dimensions en millimètres



Légende

- A barre A
- B barre B
- C profil de la barre, par exemple cuivre ou acier
- e longueur de la partie courte d'une barre

Le profil de la barre doit avoir 60 mm × 10 mm et les coins doivent être arrondis à un rayon de 1 mm. Les extrémités de la barre doivent avoir la même courbure.

Figure 9 – Assemblage d'essai et dimensions des barres pour la protection contre le contournement

La distance d_1 entre les barres A et B doit être fixée conformément au Tableau 6. La dimension d_2 de la Figure 9 doit être calculée comme suit:

$$d_2 = A_i + d_1 + 200 \text{ (toutes les dimensions sont en mm)}$$

où A_i est la profondeur d'insertion (voir Figure 1a).

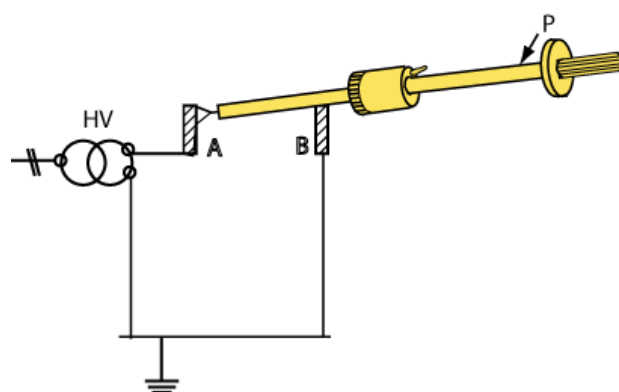
La tension d'essai doit être de $1,2 U_r$.

Les essais de contournement doivent être effectués dans les limites de la plage de tensions du *comparateur de phase* pour chaque distance d_1 à la plus haute tension de chaque plage donnée au Tableau 6.

Tableau 6 – Distance d_1 pour le montage d'essai de contournement

U_n kV	d_1 mm	
	Intérieur	Extérieur
$U_n \leq 7,2$	50	150
$7,2 < U_n \leq 12$	60	150
$12 < U_n \leq 17,5$	85	180
$17,5 < U_n \leq 24$	115	215
$24 < U_n \leq 36$	180	325

Les barres doivent être raccordées électriquement comme indiqué à la Figure 10.



IEC

Légende

- A barre A
- B barre B
- P perche de comparaison du *comparateur de phase*

Figure 10 – Raccordement électrique des barres

5.3.2.2 Essai de contrainte longitudinale

L'*électrode de contact* de la perche de comparaison qui n'est pas soumise à l'essai est placée sur la barre B en gardant le *câble de liaison* devant la barre B. La perche de comparaison non soumise à l'essai doit être placée de façon telle qu'une longueur suffisante du *câble de liaison* soit disponible pour réaliser l'essai.

L'extrémité de l'*électrode de contact* de la perche de comparaison soumise à l'essai doit être placée sur la barre A à l'écartement étroit d_1 (Figure 9) et la perche de comparaison du *comparateur de phase* doit être posée sur la barre B pendant 1 min. La perche de comparaison du *comparateur de phase* demeurant positionnée à l'écartement étroit est tournée et poussée en direction de la barre A jusqu'à ce que la *marque limite* plus 200 mm atteigne la barre A (Figure 11).

L'essai doit être considéré comme satisfaisant s'il ne se produit ni amorçage ni claquage.

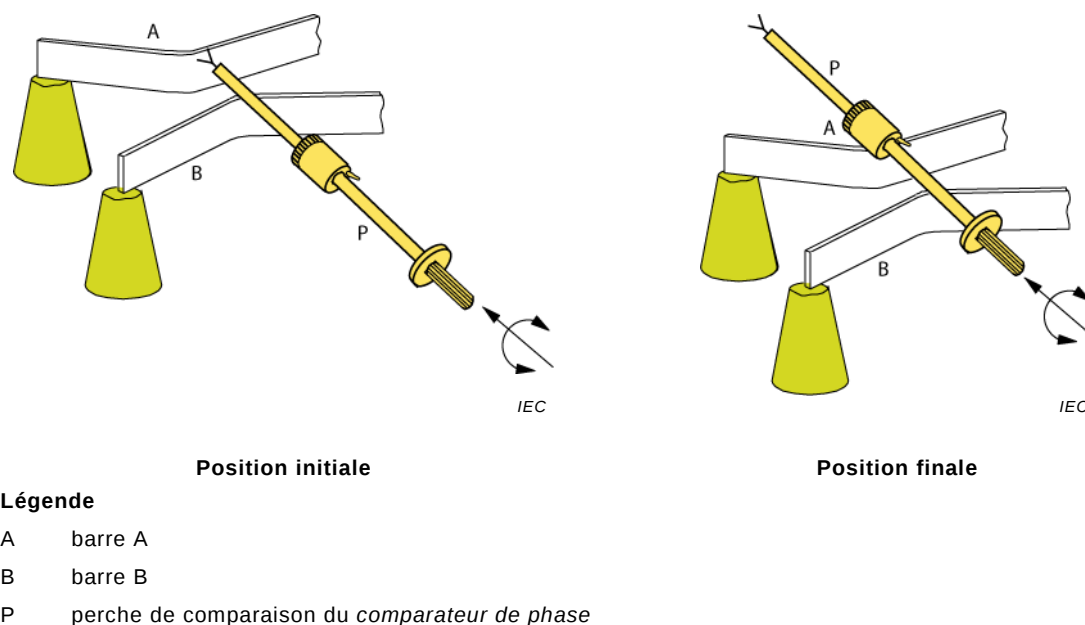
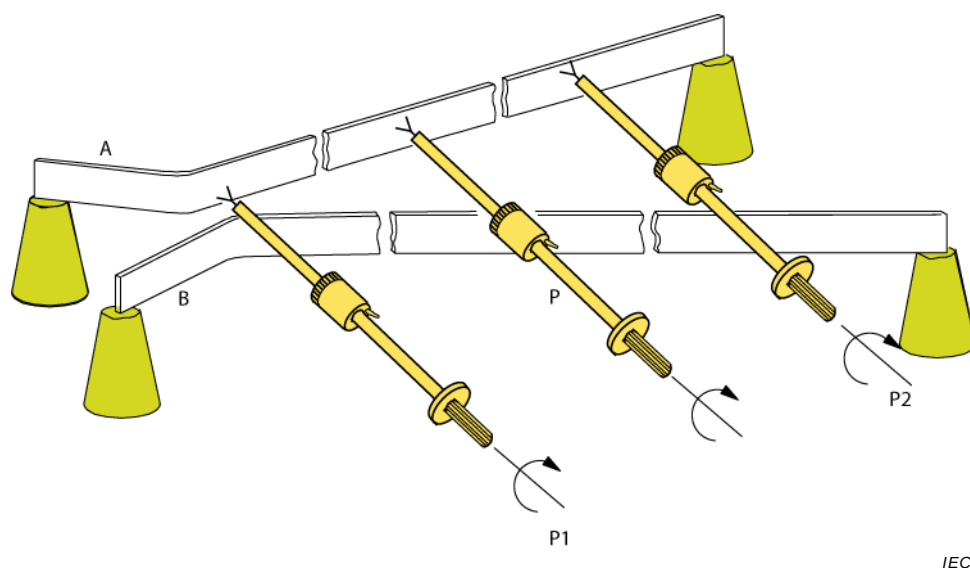


Figure 11 – Essai de contrainte longitudinale

5.3.2.3 Essai de contraintes longitudinale et transversale

L'*électrode de contact* de la perche de comparaison qui n'est pas soumise à l'essai est placée sur la barre B en gardant le *câble de liaison* devant la barre B. La perche de comparaison non soumise à l'essai doit être placée de façon telle qu'une longueur suffisante du *câble de liaison* soit disponible pour réaliser l'essai.

L'extrémité de l'*électrode de contact* de la perche de comparaison soumise à l'essai doit être placée sur la barre A à l'écartement étroit d_1 et la perche de comparaison du *comparateur de phase* doit être posée sur la barre B. La perche de comparaison du *comparateur de phase* est ensuite roulée le long des barres jusqu'à ce que la *marque limite* plus 200 mm atteigne la barre B (Figure 12), l'extrémité de l'*électrode de contact* demeurant en contact avec la barre A.

**Légende**

- A barre A
- B barre B
- P perche de comparaison du *comparateur de phase*
- P1 position initiale de P
- P2 position finale de P

Figure 12 – Essai de contraintes longitudinale et transversale

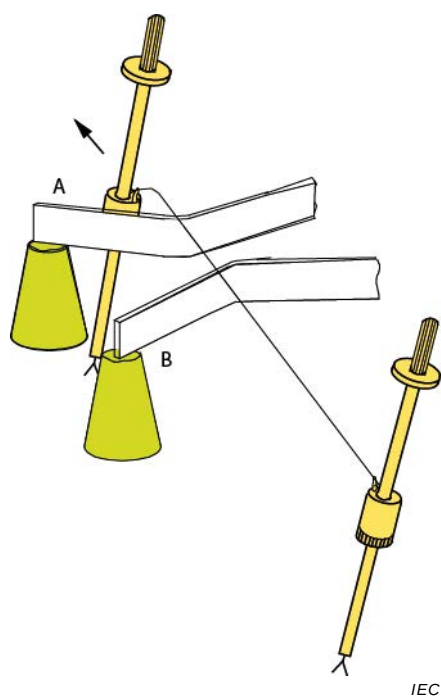
Lors de la réalisation de cet essai, la perche de comparaison qui n'est pas soumise à l'essai de contournement doit être placée suffisamment loin pour que le *câble de liaison* soit tendu et soit vérifié sur une longueur donnée par la dimension d_2 .

L'essai doit être considéré comme satisfaisant s'il ne se produit ni amorçage ni claquage.

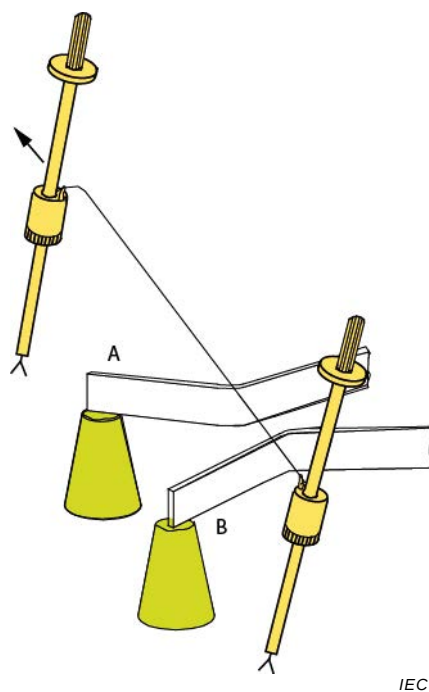
5.3.2.4 Essai du câble de liaison

Le *câble de liaison* étant tendu, les deux perches de comparaison doivent être maintenues de telle manière que le *câble de liaison* repose sur les deux barres au point d'écartement étroit d_1 et qu'une perche de comparaison repose contre la surface extérieure de la barre A. Le *câble de liaison* étant toujours tendu, le *comparateur de phase* doit ensuite être déplacé jusqu'à ce que l'autre perche de comparaison repose contre la surface extérieure de la barre B (voir Figure 13).

L'essai doit être considéré comme satisfaisant s'il ne se produit ni amorçage ni claquage.



Position initiale



Position finale

Légende

- A barre A
- B barre B

Figure 13 – Essai de contournement du câble de liaison

5.3.3 Protection contre le contournement pour un comparateur de phase de type extérieur

Chacune des perches de comparaison du *comparateur de phase* doivent être soumise à l'essai. L'*électrode de contact* de la perche de comparaison qui n'est pas soumise à l'essai est mise à la terre.

La perche de comparaison doit être ajustée avec deux électrodes-rubans conductrices qui ont une largeur spécifiée au Tableau 7. Ces électrodes-rubans sont enroulées autour de la perche de comparaison du *comparateur de phase*, l'une à l'*électrode de contact* et l'autre en direction de la poignée à une distance d_1 spécifiée au Tableau 6, colonne "Extérieur".

Les électrodes-rubans peuvent être blindées au moyen d'anneaux concentriques dont les dimensions sont données au Tableau 7. Dans ce cas, les anneaux concentriques doivent être raccordés électriquement aux électrodes-rubans.

NOTE Dans ce cas, les anneaux sont utilisés pour contrôler le champ électrique autour des électrodes-rubans.

Tableau 7 – Dimensions des anneaux concentriques et des électrodes-rubans

Largeur des électrodes-rubans	Anneaux concentriques	
	Diamètre extérieur	Diamètre de la section transversale
mm	mm	mm
20	200	30

Une électrode-ruban doit être raccordée à une source de tension alternative, et l'autre électrode-ruban doit être reliée à la terre.

Pour des raisons pratiques, l'électrode-ruban la plus proche du sol est généralement reliée à la terre, et la plus éloignée est reliée à la source de tension alternative.

L'aspersion doit être réalisée conformément au 5.1.3.

La perche de comparaison du *comparateur de phase* doit être positionnée avec un angle d'inclinaison de $20^\circ \pm 5^\circ$ par rapport à la verticale, de telle manière que son *électrode de contact* soit dirigée vers le bas et que la pluie tombe avec un angle d'environ 45° par rapport à la verticale (c'est-à-dire avec un angle d'environ 65° par rapport à la perche de comparaison du *comparateur de phase*) (voir Figure 14). Il convient que l'aspersion sur la section d'essai soit aussi uniforme que possible.

La perche de comparaison doit être arrosée pendant 3 min. Ensuite, elle doit être tournée de 180° , aussi rapidement que possible, de telle façon que l'*électrode de contact* soit dirigée vers le haut, et arrosée pendant 2 min supplémentaires.

Ensuite, la tension d'essai doit être appliquée pendant 1 min sous pluie continue.

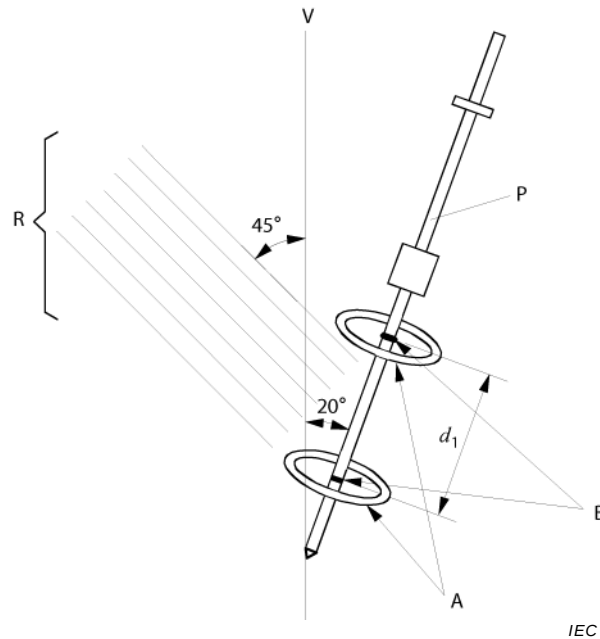
La tension d'essai doit être de $1,2 U_r$.

Les essais de contournement doivent être effectués dans les limites de la plage de tensions du *comparateur de phase* pour chaque distance d_1 à la plus haute tension de chaque plage donnée au Tableau 6.

Les électrodes-rubans doivent être ensuite déplacées section par section, toujours en maintenant la même distance d_1 , de telle façon que les sections se recouvrent approximativement de 50 %.

Cet essai doit être répété jusqu'à ce que l'électrode de terre soit à la distance d_3 de l'extrémité de l'électrode de contact avec

$$d_3 = A_i + d_1$$



Légende

- A électrodes en anneau
- B électrodes-rubans conductrices
- P perche de comparaison du *comparateur de phase*
- R pluie
- V ligne verticale

Figure 14 – Assemblage d'essai pour l'essai de protection contre le contournement d'un comparateur de phase de type extérieur

L'essai doit être considéré comme satisfaisant s'il ne se produit ni contournement ni claquage.

Pour un *comparateur de phase* ayant une profondeur d'insertion inférieure à d_1 , l'essai est réalisé uniquement pour la distance d_1 à partir de l'extrémité de l'électrode de contact.

5.3.4 Résistance à l'amorçage

5.3.4.1 Généralités

Pour l'essai suivant, le *comparateur de phase* doit être activé.

Le montage d'essai de la Figure 9 doit être utilisé pour l'essai de résistance à l'amorçage.

La distance d_1 entre la barre A et la barre B doit être réglée selon le Tableau 6.

Le raccordement électrique des barres doit être tel qu'indiqué à la Figure 10.

La tension d'essai doit être de $1,2 U_r$.

5.3.4.2 Essai de type

L'*électrode de contact* d'une des perches de comparaison doit être raccordée à la barre avant.

L'autre perche de comparaison avec son *indicateur* doit être déplacée vers la barre arrière jusqu'à ce que son *électrode de contact* la touche. Puis, tout en demeurant en contact et en étant supportée par la barre avant, la perche de comparaison doit être retirée et positionnée de façon telle que la plus longue étincelle continue soit créée entre l'*électrode de contact* et la barre arrière. Ceci peut être réalisé en déplaçant la perche de comparaison le long des barres et/ou en la déplaçant de façon angulaire relativement aux barres. Le *comparateur de phase* doit être maintenu dans cette position pendant 1 min. S'il est impossible de maintenir l'étincelle de façon permanente, l'essai est complété.

Puis la même perche de comparaison doit être déplacée à nouveau vers la barre arrière jusqu'à ce que son *électrode de contact* la touche. Puis la perche de comparaison doit être tournée et positionnée de façon telle que la plus longue étincelle continue soit créée entre l'*indicateur* et la barre avant. Ceci peut être réalisé en déplaçant la perche de comparaison le long des barres et/ou en la déplaçant de façon angulaire relativement aux barres. Le *comparateur de phase* doit être maintenu dans cette position pendant 1 min. S'il est impossible de maintenir l'étincelle de façon permanente, l'essai est complété.

La séquence d'essais doit être reprise en intervertissant la position des perches de comparaison.

Enfin, le *comparateur de phase* est contrôlé pour une relation de phase correcte en touchant la barre arrière avec les deux perches de comparaison.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si aucun dommage n'affecte le *comparateur de phase*, si son fonctionnement n'est pas interrompu et si celui-ci donne une *indication indiscutable* de la relation de phase.

5.3.4.3 Moyen alternatif pour les comparateurs de phase issus de la production

Le fabricant doit prouver qu'il a suivi la même procédure documentée d'assemblage que pour le dispositif soumis à l'essai de type. Le fabricant doit documenter les composants qui affectent la résistance à l'amorçage.

5.3.5 Courant de fuite d'un comparateur de phase en dispositif complet

5.3.5.1 Essai de type

5.3.5.1.1 General

Les deux perches de comparaison du *comparateur de phase* doivent être soumises à l'essai de courant de fuite.

Cet essai concerne la partie de la perche de comparaison du *comparateur de phase* en dispositif complet située entre la *marque limite* et la poignée.

La perche de comparaison du *comparateur de phase* doit être ajustée avec deux électrodes-rubans conductrices qui ont une largeur spécifiée au Tableau 7. Ces électrodes-rubans sont enroulées autour de la perche de comparaison du *comparateur de phase*, une adjacente au *garde-main* en direction de l'*électrode de contact*, et l'autre directement adjacente à la *marque limite* en direction de la poignée.

Les électrodes-rubans doivent être blindées au moyen d'anneaux concentriques ayant des dimensions données au Tableau 7. Les électrodes-rubans et les anneaux concentriques doivent être isolés électriquement les uns des autres.

NOTE Dans ce cas, les anneaux sont utilisés pour blinder le circuit de mesure du courant contre les courants de fuite capacitifs.

Une tension d'essai de $1,2 U_r$ doit être appliquée.

Pour un *comparateur de phase* ayant une plage de *tensions nominales*, la tension d'essai doit être telle que spécifiée ci-dessus et associée à la plus haute valeur de *tension nominale*.

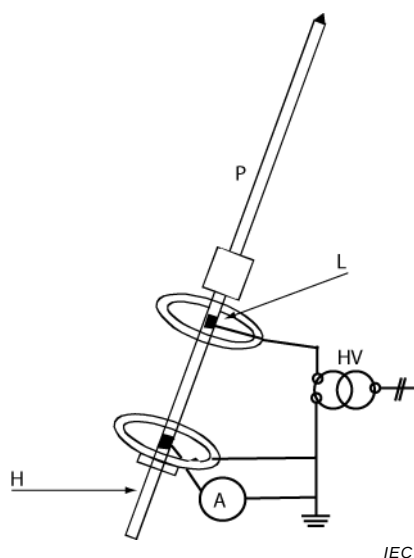
Les courants de fuite doivent être mesurés selon la procédure suivante.

5.3.5.1.2 Courant de fuite en conditions sèches

Dans un premier temps, le courant de fuite (valeur efficace) doit être mesuré en conditions sèches pendant que la tension d'essai est maintenue durant 1 min.

L'électrode-ruban située au *garde-main* doit être raccordée à la terre à travers un ampèremètre au moyen d'un câble dont le blindage est relié à la terre. L'anneau concentrique adjacent doit être directement raccordé à la terre. L'électrode-ruban et l'anneau concentrique situés à la *marque limite* doivent être raccordés à la tension d'essai (voir Figure 15).

Il convient de prendre les dispositions nécessaires afin d'éviter toute perturbation de la mesure.



Légende

A	ampèremètre	L	marque limite
H	poignée	P	perche de comparaison du comparateur de phase
HV	source haute tension		

Figure 15 – Assemblage pour l'essai de courant de fuite sous conditions sèches du comparateur de phase en dispositif complet

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si le courant de fuite pour chacune des perches de comparaison ne dépasse jamais $50 \mu A$.

5.3.5.1.3 Courant de fuite sous pluie dans le cas du type extérieur

Pour le *comparateur de phase* de type *extérieur*, un essai sous pluie est aussi exigé.

L'aspersion doit être réalisée conformément au 5.1.3.

La pluie doit tomber avec un angle d'environ 45° par rapport à la verticale. Il convient que l'aspersion sur la section d'essai couvrant l'intégralité de la longueur isolante soit aussi uniforme que possible.

La perche de comparaison du *comparateur de phase* doit être positionnée sur un plan mis à la terre et doit être disposée avec un angle d'inclinaison de $20^\circ \pm 5^\circ$ par rapport à la verticale avec son *électrode de contact* dirigée vers le bas (c'est-à-dire un angle d'environ 65° entre la pluie et la perche de comparaison du *comparateur de phase*). L'électrode-ruban proche de la *marque limite* doit être raccordée à la terre à travers l'ampèremètre. L'*électrode de contact* et l'anneau concentrique proche de la *marque limite* doivent être mis à la terre. L'électrode-ruban et l'anneau concentrique proche de la poignée doivent être raccordés à la tension d'essai (voir Figure 16a).

La perche de comparaison du *comparateur de phase* doit être arrosée pendant 15 min. Tandis que la pluie continue, la tension d'essai doit être appliquée pendant 1 min et le courant de fuite doit être mesuré. La valeur maximale du courant de fuite doit être enregistrée.

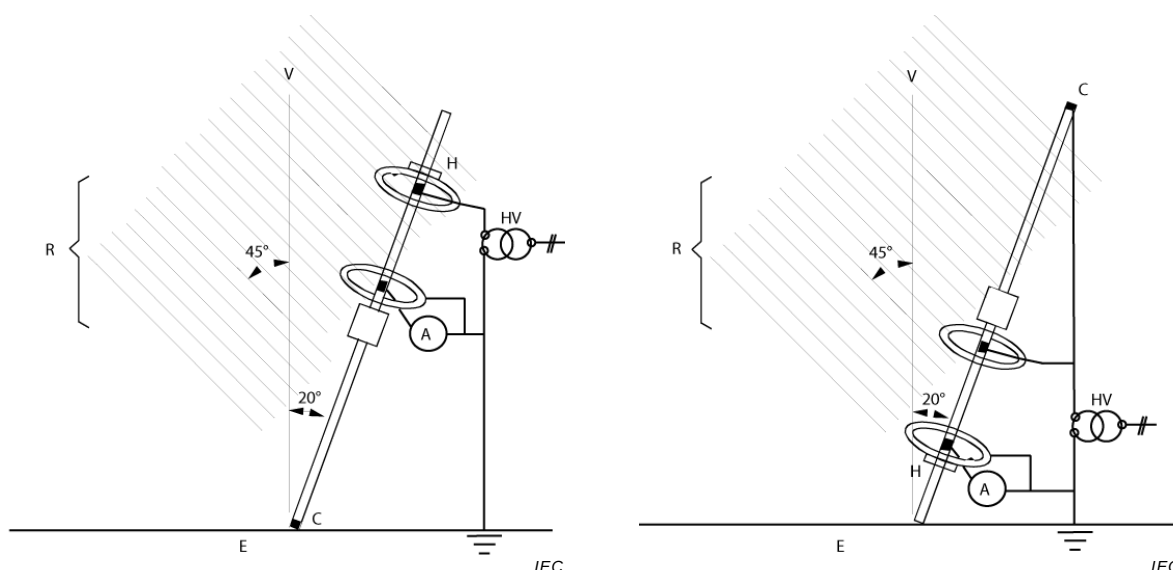
Afin d'éviter l'enregistrement de pointes de courant dues aux gouttelettes d'eau et au ruissellement, il convient que l'ampèremètre donne une valeur moyenne sur 1 s et qu'il soit équipé à son entrée d'un filtre RC approprié supprimant les fréquences supérieures à 240 Hz.

La perche de comparaison du *comparateur de phase* doit ensuite être tournée de 180°, de telle façon que l'*électrode de contact* soit dirigée vers le haut. L'électrode-ruban proche de la poignée doit être raccordée à la terre à travers l'ampèremètre et son anneau concentrique adjacent doit être relié à la terre. L'*électrode de contact*, l'électrode-ruban et l'anneau concentrique proche de la *marque limite* doivent être raccordés à la tension d'essai (voir Figure 16b).

La perche de comparaison du *comparateur de phase* doit être arrosée pendant 15 min supplémentaires. Tandis que la pluie continue, la tension d'essai doit être appliquée pendant 1 min et le courant de fuite doit être mesuré. La valeur maximale du courant de fuite doit être enregistrée.

Pendant la réalisation de cet essai, la perche de comparaison non soumise à l'essai de courant de fuite doit être positionnée à l'extérieur de la zone de pluie (lorsque cela s'applique) avec son *électrode de contact* raccordée à l'*électrode de contact* de la perche de comparaison soumise à l'essai et à une distance suffisante pour ne pas perturber l'essai.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si pour chacune des perches de comparaison, le courant de fuite sous pluie ne dépasse jamais 0,5 mA.



a) Position vers le bas

b) Position vers le haut

Légende

A ampèremètre
C électrode de contact
E plan mis à la terre
H poignée

HV source haute tension
R pluie
V ligne verticale

Figure 16 – Assemblages pour les essais de courant de fuite sous conditions humides du comparateur de phase en dispositif complet

5.3.5.2 Essai alternatif pour les comparateurs de phase issus de la production

Le fabricant peut utiliser un essai alternatif pour vérifier que le courant de fuite en conditions sèches ne dépasse pas la valeur donnée au 5.3.5.1.2.

5.3.6 Rigidité diélectrique du câble de liaison

5.3.6.1 Essai de type

Les câbles hélicoïdaux doivent être tendus; la longueur étendue doit être considérée comme la longueur d'essai.

NOTE Le fournisseur du *câble de liaison* peut gérer la réalisation des essais et fournir les rapports correspondants.

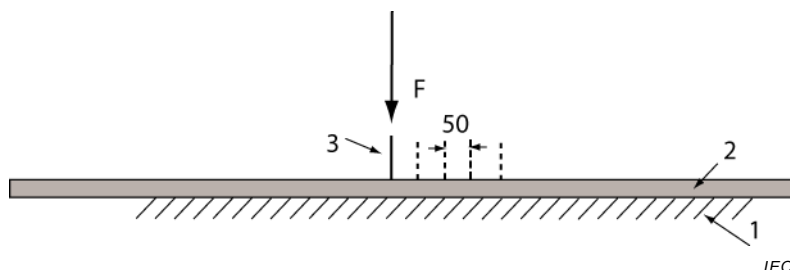
Une éprouvette du *câble de liaison* de 3 m de longueur doit être conditionnée à la valeur haute de température selon la catégorie climatique du *comparateur de phase* pour au moins 2 h.

L'éprouvette doit être retirée de l'enceinte climatique et placée immédiatement sur un support horizontal lisse et dur. Une charge de 10 N doit d'abord être appliquée au milieu de l'éprouvette, par le haut et à un angle de 90° par rapport à l'axe longitudinal au moyen d'une lame en acier, pendant 1 min.

Sans tourner l'éprouvette autour de son axe, on doit recommencer l'application de la force quatre fois à une distance de 50 mm en avançant vers une extrémité de l'éprouvette (voir Figure 17).

La lame doit être arrondie selon un rayon de 0,25 mm; elle doit avoir une largeur de 0,5 mm, une hauteur d'au moins 10 mm et une longueur d'au moins 25 mm.

Dimensions en millimètres



Légende

- 1 surface horizontale lisse et dure
- 2 éprouvette de *câble de liaison*
- 3 lame en acier à sa position initiale (au milieu de l'éprouvette)
- F direction de la force

Figure 17 – Montage d'essai pour l'application de la force

La même éprouvette du *câble de liaison* ainsi qu'un mandrin d'acier d'un diamètre de 30 mm doivent être conditionnés à la valeur basse de température selon la catégorie climatique du *comparateur de phase* pour au moins 2 h.

Au moment du retrait de l'éprouvette et du mandrin de l'enceinte climatique, l'éprouvette doit être immédiatement enroulée sept fois de manière serrée autour du mandrin en commençant au milieu de l'éprouvette et dans la direction d'application préalable de la contrainte mécanique.

La vitesse d'enroulement doit être d'environ un enroulement en 5 s. L'éprouvette doit être déroulée à température ambiante.

La séquence d'essai d'enroulement doit être répétée neuf fois, chaque fois avec l'éprouvette tournée de 180° par rapport à l'axe longitudinal.

L'éprouvette du *câble de liaison* doit ensuite être disposée en une boucle de façon que les deux extrémités soient électriquement reliées à un pôle d'une alimentation d'essai monophasée; l'autre pôle de la source de tension est relié au bain d'eau qui est mis à la terre.

La boucle doit être immergée dans un bain d'eau du robinet ayant une résistivité spécifique inférieure ou égale à 100 $\Omega \cdot m$. La longueur de la portion immergée de l'éprouvette doit être de 2 m.

La portion du *câble de liaison* au-dessus de l'eau doit être telle qu'aucun contournement ne survienne le long de la surface du câble.

Une tension d'essai de $1,2 U_r$ doit être appliquée pendant 1 min.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si l'isolation n'est pas perforée.

5.3.6.2 Essai alternatif du câble de liaison des comparateurs de phase issus de la production

Avant d'assembler le *comparateur de phase*, l'essai diélectrique du 5.3.6.1 doit être réalisé afin de vérifier la rigidité diélectrique de toutes les longueurs de *câble de liaison* utilisées pour la production, mais sans conditionnement mécanique et thermique. La longueur de *câble de*

liaison soumise à un essai peut donc être supérieure à 2 m. La longueur de *câble de liaison* au-dessus du niveau de l'eau ne doit pas être utilisée durant la production.

5.3.7 Courant maximal en cas de mauvais usage

5.3.7.1 Essai de type

Le courant circulant dans les deux perches de comparaison du *comparateur de phase* doit être mesuré en appliquant une tension de $1,2 U_r$ entre les deux *électrodes de contact*.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si le courant maximal demeure inférieur à 3,5 mA en valeur efficace.

5.3.7.2 Moyen alternatif pour les comparateurs de phase résistifs issus de la production

Le fabricant doit prouver qu'il a suivi la même procédure documentée d'assemblage que pour le dispositif soumis à l'essai de type. Le fabricant doit documenter les composants qui affectent le courant de circulation.

5.4 Essais mécaniques

5.4.1 Contrôle visuel et dimensionnel

5.4.1.1 Contrôle visuel

Le *comparateur de phase* complet doit être contrôlé pour vérifier sa conformité aux exigences des 4.4.1, 4.4.2, 4.4.3, 4.5 et 4.6 qui s'appliquent. On doit vérifier que l'utilisateur n'a pas accès aux réglages conformément au 4.2.1.2.

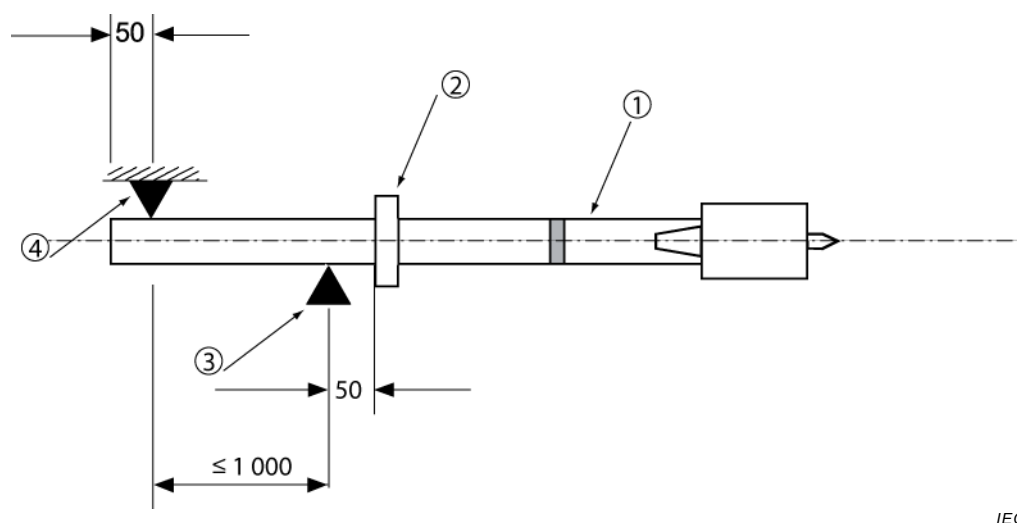
5.4.1.2 Contrôle dimensionnel

Le *comparateur de phase* doit être contrôlé pour vérifier sa conformité aux exigences des 4.4.3 et 4.5.

5.4.2 Force de préhension et flèche dans le cas d'un comparateur de phase en dispositif complet

Chacune des perches de comparaison du *comparateur de phase* assemblé doit être maintenue en position horizontale au moyen de deux supports. Un support (support avant) doit être situé à 50 mm du *garde-main*, en direction de l'extrémité de la poignée. L'autre support (support arrière) doit être situé à 50 mm de l'extrémité de la poignée. La distance entre les deux supports ne doit jamais dépasser 1 000 mm (voir Figure 18).

Dimensions en millimètres

**Légende**

- | | | | |
|---|--|---|-----------------|
| 1 | perche de comparaison du <i>comparateur de phase</i> | 3 | support avant |
| 2 | <i>garde-main</i> | 4 | support arrière |

Figure 18 – Essai pour la force de préhension

La force de préhension doit être mesurée au niveau du support avant et doit être inférieure à 200 N.

Dans la position d'essai décrite ci-dessus, la flèche de chacune des perches de comparaison doit être mesurée. La valeur ne doit pas dépasser 10 % de la longueur totale de chacune des perches de comparaison.

5.4.3 Solidité du câble de liaison et des raccordements**5.4.3.1 Essai de type****5.4.3.1.1 Montage d'essai**

La perche de comparaison du *comparateur de phase* doit être fixée perpendiculairement à son axe longitudinal de manière à ce qu'elle puisse osciller dans le plan vertical. Elle doit être fixée de manière que le centre de rotation soit situé 20 mm au-dessus du point de sortie du *câble de liaison*. La perche de comparaison du *comparateur de phase* doit être positionnée de manière que la direction de sortie du câble constitue un angle de 50° avec la verticale. Cela correspond à l'équilibre statique de la perche de comparaison du *comparateur de phase*.

Le câble doit être soumis à une force de 10 N agissant en un point situé approximativement à 200 mm sous le point d'où le câble sort de la perche de comparaison du *comparateur de phase* (voir Figure 19a).

Il n'est pas nécessaire de répéter l'essai sur les deux perches de comparaison du *comparateur de phase* dans le cas d'un *comparateur de phase* avec ses deux perches de comparaison équipés de la même conception de raccordement.

5.4.3.1.2 Essai dans le plan vertical

Dans la position décrite en 5.4.3.1.1, la perche de comparaison du *comparateur de phase* ainsi fixée doit osciller d'un angle de $\pm 45^\circ$ (voir Figure 19b et les flèches correspondantes). Dix mille oscillations d'une période de 0,5 s à 1,0 s doivent être réalisées.

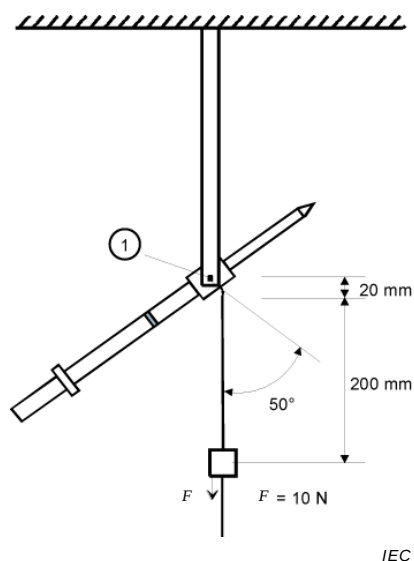
Cette partie de l'essai doit être considérée comme satisfaisante si la perche de comparaison du *comparateur de phase* ou son *câble de liaison* ne présente aucun dommage apparent.

5.4.3.1.3 Essai dans le plan horizontal

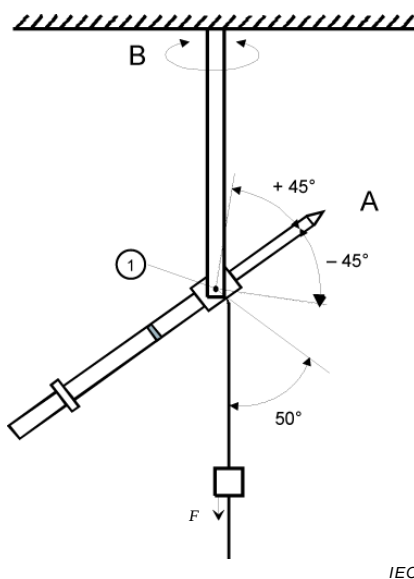
L'essai de 5.4.3.1.2 doit être répété mais avec un axe de rotation qui coïncide avec l'axe longitudinal du support vertical (voir Figure 19b et les flèches correspondantes).

Cette partie de l'essai doit être considérée comme satisfaisante si la perche de comparaison du *comparateur de phase* ou son *câble de liaison* ne présente aucun dommage apparent.

Dimensions en millimètres



a) Position d'équilibre statique de la perche de comparaison du comparateur de phase



b) Essais dynamiques dans les plans horizontal et vertical

Légende

- F force de 10 N
 1 point d'attache
 A oscillations relatives au 5.4.3.1.2
 B oscillations relatives au 5.4.3.1.3

Figure 19 – Montage d'essai pour la solidité du câble de liaison et des raccords**5.4.3.2 Moyen alternatif pour les comparateurs de phase issus de la production**

En fin de cycle de production, il n'est pas pratique de réaliser l'essai de solidité du *câble de liaison* pour contrôler la conformité aux exigences pertinentes. Néanmoins le fabricant doit prouver qu'il a suivi la même procédure documentée d'assemblage que pour le dispositif

soumis à l'essai de type. Le fabricant doit documenter les composants qui affectent la solidité du *câble de liaison* et des raccordements.

5.4.4 Résistance aux vibrations

5.4.4.1 Essai de type

L'essai doit être réalisé sur chaque perche de comparaison.

La méthode d'essai doit être conforme à l'IEC 60068-2-6.

Dans le cas d'un *comparateur de phase* en dispositif séparé la perche de comparaison doit être soumise à l'essai sans une *perche isolante* adaptable. Dans le cas d'un *comparateur de phase* en dispositif complet la perche de comparaison doit être soumise à l'essai sans son *élément isolant* (si possible). La perche de comparaison du *comparateur de phase* doit être attachée au générateur de vibrations au moyen de pièces intermédiaires rigides qui ne doivent pas affecter les résultats d'essai.

Pour amortir les oscillations de grande amplitude qui peuvent être induites dans l'*électrode de contact* pendant l'essai, les extrémités libres des électrodes doivent être attachées à la partie rigide.

L'assemblage doit être soumis aux vibrations sinusoïdales rectilignes dans deux directions perpendiculaires, l'une d'elles correspondant à l'axe longitudinal de la perche de comparaison du *comparateur de phase*.

Le balayage (parcours de la plage de fréquences spécifiée une fois dans chaque direction) doit être continu et la vitesse de balayage doit être d'environ une octave par minute. La plage de fréquences doit s'étendre de 10 Hz à 150 Hz.

L'amplitude et l'accélération doivent être comme suit:

- 0,15 mm valeur de crête entre 10 Hz et 58 Hz;
- 19,6 m/s² (2 g) valeur de crête entre 58 Hz et 150 Hz.

La durée de l'essai doit être de 2 h dans chaque direction.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si la perche de comparaison du *comparateur de phase* ne montre pas de signe d'avarie mécanique.

5.4.4.2 Moyen alternatif pour les comparateurs de phase issus de la production

En fin de cycle de production, il n'est pas pratique de réaliser l'essai de vibration pour contrôler la conformité aux exigences pertinentes. Néanmoins le fabricant doit prouver qu'il a suivi la même procédure documentée d'assemblage que pour le dispositif soumis à l'essai de type. Le fabricant doit documenter les composants qui affectent la résistance aux vibrations.

5.4.5 Résistance aux chutes

5.4.5.1 Essai de type

L'essai doit être réalisé simultanément sur les deux perches de comparaison.

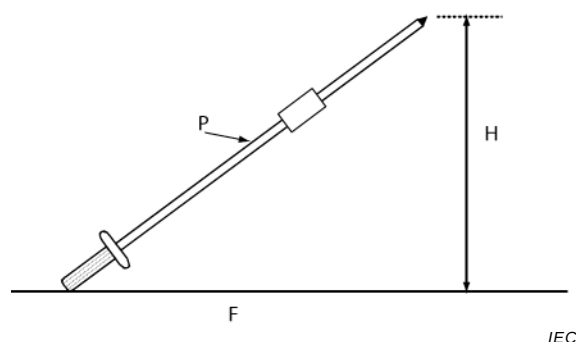
L'essai doit être exécuté conformément à l'IEC 60068-2-31, chute libre, méthode 1, avec les paramètres suivants:

- la surface d'essai doit être en béton ou en acier. La surface d'essai doit être lisse, dure et rigide;

- la perche de comparaison du *comparateur de phase* doit tomber depuis une position horizontale de repos et une position diagonale de repos;
- la hauteur de chute depuis la position horizontale doit être de 1 m;
- la hauteur de chute depuis la position diagonale doit être de 1 m plus 20 % de la longueur totale du *comparateur de phase*. Pour la chute en position diagonale, la hauteur de chute doit être la distance entre l'extrémité de l'*électrode de contact*, projetée sur un axe vertical, et le sol (voir Figure 20). Dans le cas d'une perche de comparaison de *comparateur de phase* dont la longueur totale est inférieure à 1,2 m, le *comparateur de phase* doit tomber depuis une position verticale avec l'*électrode de contact* vers le haut;
- le nombre de chutes doit être de une par position.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si les perches de comparaison du *comparateur de phase* ne montrent aucun signe d'avarie mécanique même si l'*électrode de contact* est déformée sans être brisée.

Si la *perche isolante* n'est pas fournie, l'essai doit être effectué avec une *perche isolante* de dimensions minimales spécifiées en 4.4.3.



Légende

- P perche de comparaison d'un *comparateur de phase*
 H hauteur de chute
 F surface d'essai (sol)

Figure 20 – Essai de résistance aux chutes – Position diagonale

5.4.5.2 Moyen alternatif pour les comparateurs de phase issus de la production

En fin de cycle de production, il n'est pas pratique de réaliser l'essai de vibrations pour contrôler la conformité aux exigences pertinentes. Néanmoins le fabricant doit prouver qu'il a suivi la même procédure documentée d'assemblage que pour le dispositif soumis à l'essai de type. Le fabricant doit documenter les composants qui affectent la résistance aux chutes.

5.4.6 Résistance aux chocs

5.4.6.1 Essai de type

L'essai est conçu pour vérifier la robustesse du *comparateur de phase*. La méthode d'essai doit être conforme à la méthode du marteau pendulaire de l'IEC 60068-2-75.

La partie la plus fragile du *comparateur de phase* doit être soumise au choc cinq fois. Le même emplacement de la partie la plus fragile ne doit être soumis au choc qu'une seule fois.

L'énergie d'impact doit être de 5 J.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si le *comparateur de phase* ne montre aucun signe d'avarie mécanique.

5.4.6.2 Moyen alternatif pour les comparateurs de phase issus de la production

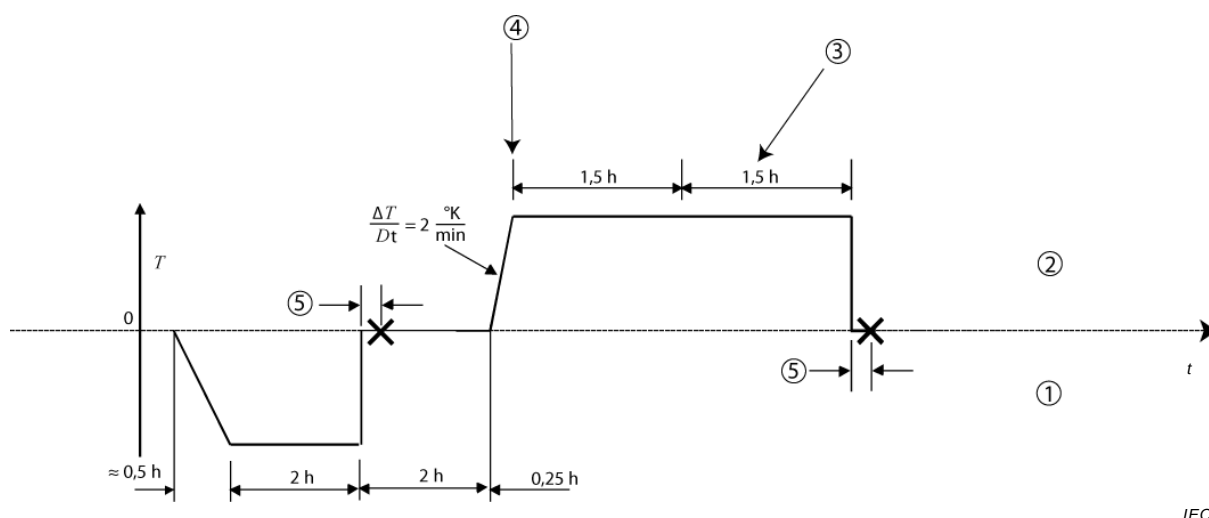
En fin de cycle de production, il n'est pas pratique de réaliser l'essai de vibrations pour contrôler la conformité aux exigences pertinentes. Néanmoins le fabricant doit prouver qu'il a suivi la même procédure documentée d'assemblage que pour le dispositif soumis à l'essai de type. Le fabricant doit documenter les composants qui affectent la résistance aux chocs.

5.4.7 Résistance climatique

5.4.7.1 Essai de type

Avant cet essai, chacune des perches de comparaison du *comparateur de phase* doit être nettoyée avec de l'isopropanol puis séché à l'air pendant 15 min.

L'essai doit être effectué au moins sur l'*indicateur* ainsi que sur l'*élément résistif* de chaque perche de comparaison, conformément à l'IEC 60068-2-14 sauf pour les cycles de température et la durée relative à l'humidité. Dans ce cas, le cycle d'essai doit être conforme à ce qui suit (voir Figure 21). L'essai est réalisé simultanément sur les deux perches de comparaison.



Légende

X	point d'essai	3	humidité 96 %
1	basse température	4	humidité 50 %
2	haute température	5	durée de 5 min à 10 min

Figure 21 – Courbe du cycle d'essai pour la résistance climatique

Les parties du *comparateur de phase* soumises au conditionnement climatique doivent être placées dans une enceinte climatique. La température de l'enceinte est abaissée depuis la température ambiante à la valeur basse correspondant à la catégorie climatique du *comparateur de phase* (voir Tableau 1). La température de l'enceinte doit être maintenue pendant 2 h.

Les parties du *comparateur de phase* soumises au conditionnement climatique doivent ensuite être retirées de l'enceinte climatique et, dans les 5 min à 10 min après le retrait, le *comparateur de phase* doit être assemblé et l'essai doit être réalisé à la température ambiante conformément aux séries d'essai 1 et 2 du 5.2.2. L'essuyage des parties externes est permis.

Les parties du *comparateur de phase* soumises au conditionnement climatique doivent être gardées à la température ambiante pendant 2 h.

Les parties du *comparateur de phase* soumises au conditionnement climatique doivent ensuite être placées dans l'enceinte climatique et la température doit être augmentée de 2 K/min jusqu'à ce qu'elle atteigne la valeur haute selon la catégorie climatique du *comparateur de phase* (voir Tableau 1). L'humidité relative doit être maintenue à 50 %.

L'enceinte doit être maintenue à la température haute pendant 3 h. Pendant la première heure et demie, l'humidité relative doit être augmentée de 50 % à 96 %.

Les parties du *comparateur de phase* soumises au conditionnement climatique doivent ensuite être retirées de l'enceinte climatique et, dans les 5 min à 10 min après le retrait, le *comparateur de phase* doit être assemblé et l'essai doit être réalisé à la température ambiante conformément aux séries d'essai 1 et 2 du 5.2.2. L'essuyage des parties externes est permis.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si le *comparateur de phase* donne toujours de bonnes indications.

NOTE Cette procédure d'essai combine les conditions de températures extrêmes constantes et de changement brusque de température, puisqu'il n'est pas pratique d'effectuer des essais à haute tension dans une enceinte climatique.

5.4.7.2 Moyen alternatif pour les comparateurs de phase issus de la production

En fin de cycle de production, il n'est pas pratique de réaliser l'essai sous conditions climatiques pour contrôler la conformité aux exigences pertinentes. Néanmoins le fabricant doit prouver qu'il a suivi la même procédure documentée d'assemblage que pour le dispositif soumis à l'essai de type. Le fabricant doit documenter les composants qui affectent les performances climatiques.

5.4.8 Durabilité des marquages

Les marquages doivent être frottés successivement avec un chiffon imbibé d'eau pendant au moins 1 min, puis avec un autre chiffon imbibé d'isopropanol pendant encore au moins 1 min.

L'essai est considéré comme satisfaisant si les marquages restent lisibles et si les lettres ne bavent pas.

La surface du *comparateur de phase* peut changer. Dans le cas d'étiquettes, aucune amorce de décollement ne doit être constatée.

Les marquages réalisés par un procédé de gravure ou de moulage doivent être considérés comme conformes sans essais.

5.5 Essai pour un mauvais usage raisonnablement prévisible pendant les travaux sous tension

5.5.1 Sélection de la tension (le cas échéant)

Le sélecteur de tension du *comparateur de phase* doit être placé à sa position la plus basse. L'essai pour *indication indiscutable* doit être réalisé à la *tension nominale* la plus haute des plages de tensions.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si le dispositif ne donne aucune indication incorrecte et qu'aucun phénomène dangereux pour l'utilisateur ne survient.

5.5.2 Sélection de la fréquence (le cas échéant)

Le sélecteur de fréquence du *comparateur de phase* doit être placé à sa position 50 Hz. L'essai pour *indication indiscutable* doit être réalisé à 60 Hz.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si le dispositif ne donne aucune indication et qu'aucun phénomène dangereux pour l'utilisateur ne survient.

6 Evaluation de la conformité des comparateurs de phase issus de la production

De manière à gérer l'évaluation de la conformité pendant la phase de production, l'IEC 61318 doit être utilisée en conjonction avec la présente norme.

L'Annexe D, développée de l'analyse du risque sur la performance du *comparateur de phase*, fournit la classification des défauts et identifie les essais associés qui sont applicables en fin de production.

7 Modifications

Toute modification du *comparateur de phase* doit exiger:

- la reprise des essais de type, en totalité ou en partie (si le degré de modification le justifie),
- une mise à jour des ouvrages de référence du *comparateur de phase*.

Annexe A (normative)

Instructions d'emploi

Des instructions d'emploi qui contiennent toutes les informations nécessaires à l'utilisation et l'entretien du *comparateur de phase* doivent être fournies avec chaque *comparateur de phase*.

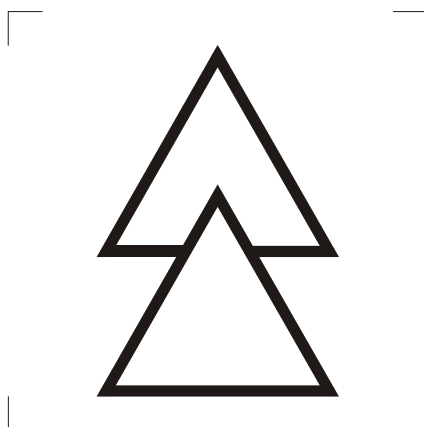
Ces instructions comprennent au minimum, quand c'est applicable, ce qui suit:

- l'information que les *comparateurs de phase* sont conçus pour être utilisés par du personnel averti ou qualifié et conformément à la méthode de travail à distance;
- une déclaration indiquant que le *comparateur de phase* couvert par la présente norme est destiné à une utilisation sur des parties à la même tension et à la même fréquence;
- une déclaration indiquant que le *comparateur de phase* couvert par la présente norme n'est pas destiné à être utilisé comme un détecteur de tension;
- une explication du marquage;
- des instructions pour un usage correct;
- dans le cas de *comparateurs de phase* munis d'un sélecteur quelconque, une explication concernant une sélection appropriée, la possibilité d'un mauvais usage et ses conséquences;
- une déclaration et une explication du temps de fonctionnement maximal;
- l'explication de montage en cas d'un *comparateur de phase* en plusieurs parties;
- l'explication de la *marque limite* et du *garde-main*;
- la signification des signaux *indicateurs*;
- l'explication sur l'utilisation adéquate du *dispositif de contrôle* et déclaration de chaque limitation (par ex. quand le *dispositif de contrôle* ne vérifie pas tous les circuits);
- l'explication du marquage "LU" et son but quant à son usage adéquat;
- l'explication concernant l'utilisation possible des *accessoires*, principalement l'utilisation d'une *allonge d'électrode de contact*;
- l'identification des *accessoires* et de leurs combinaisons qui ont été soumis aux essais de type avec le *comparateur de phase*;
- l'explication concernant l'effet possible des *accessoires* sur les performances du *comparateur de phase* principalement l'utilisation de différentes *électrodes de contact* et *allonges d'électrode de contact*;
- la déclaration concernant l'utilisation possible sur des appareillages de commutation pré-assemblés;
- l'explication concernant les limites à l'intérieur desquelles la tension des pièces des installations à comparer peut varier tout en assurant une *indication indiscutable*;
- la déclaration concernant les effets possibles d'un *champ perturbateur*;
- la déclaration concernant la durée pendant laquelle le *comparateur de phase* peut être en contact avec l'installation exposée aux précipitations;
- dans le cas d'un *comparateur de phase* en dispositif séparé, la déclaration que le choix de la *perche isolante* peut influencer de façon importante la force de préhension et la flèche;
- les instructions pour le stockage et les précautions d'usage;
- les instructions pour les *essais de maintenance* périodiques;
- les instructions pour le transport;

- la déclaration concernant les parties du *comparateur de phase* qui peuvent être remplacées par l'utilisateur et les paramètres qui doivent alors être maintenus;
- la déclaration concernant le type, la longueur minimale de l'*élément isolant* et les propriétés diélectriques de la *perche isolante* à être utilisée conjointement avec le *comparateur de phase* en dispositif séparé;
- la déclaration concernant l'indication en courant continu.

Annexe B
(normative)

Approprié aux travaux sous tension; double triangle
(IEC 60417 – 5216 (2002-10))



Annexe C (normative)

Ordre chronologique des essais de type

Tableau C.1 – Ordre séquentiel pour effectuer les essais de type^a

Ordre séquentiel	Essais de type	Paragraphes	Exigences
1	Contrôle visuel et dimensionnel	5.4.1	4.1.2, 4.2.1.1, 4.4.2, 4.4.3, 4.5, 4.6
2	Résistance aux vibrations	5.4.4.1	4.4.5
2	Résistance aux chutes	5.4.5.1	4.4.6
2	Résistance aux chocs	5.4.6.1	4.4.7
2	Solidité du <i>câble de liaison</i> et des raccordements	5.4.3.1	4.4.3
3	<i>Indication indiscutable</i>	5.2.2	4.2.1
4	Résistance climatique	5.4.7.1	4.2.3
4	Influence de la fréquence	5.2.6.1	4.2.4
4	Sûreté de fonctionnement de l'alimentation (ou hors séquence)	5.2.8.1	4.2.6
5	<i>Protection contre le contournement pour comparateur de phase de type intérieur/extérieur</i>	5.3.2	4.3.2, 4.3.7
5	<i>Protection contre le contournement pour comparateur de phase de type extérieur</i>	5.3.3	4.3.2, 4.3.7
6	Résistance à l'amorçage	5.3.4.2	4.3.3
7	Temps de fonctionnement	5.2.10.1	4.2.8 4.3.4
8	Vérification du <i>dispositif de contrôle</i>	5.2.9.1	4.2.7
8	Influence des champs électriques perturbateurs	5.2.4	4.2.1.4
9	Courant de fuite sous conditions sèches pour un <i>comparateur de phase</i> en dispositif complet	5.3.5.1.2	4.3.5.2
10	Courant de fuite sous conditions humides pour un <i>comparateur de phase de type extérieur</i> en dispositif complet	5.3.5.1.3	4.3.5.2
11	Sélection de la tension en cas de mauvais usage	5.5.1	4.7.1
11	Sélection de la fréquence en cas de mauvais usage	5.5.2	4.7.2

^a Les essais de type ayant le même numéro séquentiel peuvent être réalisés dans un ordre plus adapté.

Tableau C.2 – Essais de type hors séquence

Essais de type	Paragraphes	Exigences
Durabilité du marquage	5.4.8	4.5
Force de préhension et flèche pour <i>comparateur de phase</i> en dispositif complet	5.4.2	4.4.4
Rigidité diélectrique du <i>câble de liaison</i>	5.3.6.1	4.3.8, 4.4.3
<i>Perceptibilité indiscutable</i> de l'indication visuelle	5.2.5.1.1	4.2.2.1
<i>Perceptibilité indiscutable</i> de l'indication sonore (le cas échéant)	5.2.5.2.1	4.2.2.2
<i>Temps de réponse</i>	5.2.7.1	4.2.5
CEM	5.2.3.1	4.2.1.6
Matériaux isolants (pour les tubes et les tiges utilisés pour les <i>comparateurs de phase</i> en dispositif complet)	5.3.1.1	4.3.1
Courant de circulation	5.3.7.1	4.3.6

Annexe D (normative)

Classification des défauts et essais associés

L'Annexe D a été développée pour définir de façon cohérente (voir l'IEC 61318) le type de défauts (critique, majeur ou mineur) d'un *comparateur de phase* issu de la production. Pour chaque exigence identifiée au Tableau D.1, le type de défaut et l'essai associé y sont tous les deux spécifiés. L'Annexe F présente le raisonnement ayant conduit à la classification des défauts.

Tableau D.1 – Classification des défauts et exigences et essais associés

Exigences		Type de défauts			Essai
		Critique	Majeur	Mineur	
4.4.3	Longueur minimale de l' <i>élément isolant</i> dans le cas d'un <i>comparateur de phase</i> en dispositif complet	X			5.4.1.2
4.5	Exactitude du marquage du <i>comparateur de phase</i>	X			5.4.1.1
4.3.5.2	Courant de fuite le long de l' <i>élément isolant</i> d'un <i>comparateur de phase</i> en dispositif complet	X			5.3.5.2
4.2.1	<i>Indication indiscutable</i> de la relation de phase	X			5.2.2
4.2.1.3	Effets des <i>champs perturbateurs</i> (indication continue)	X			b
4.3.2	<i>Protection contre le contournement</i> pour <i>comparateur de phase</i> de type <i>intérieur/extérieur</i>	X			5.3.2
	<i>Protection contre le contournement</i> pour <i>comparateur de phase</i> de type <i>extérieur</i>	X			5.3.3 ^a
4.3.3	Résistance à l'amorçage		X		5.3.4.3
4.2.5	<i>Temps de réponse</i> dans le cas des <i>comparateurs de phase</i> ayant un seul <i>signal actif</i>	X			5.2.7.2
	<i>Temps de réponse</i> dans le cas des <i>comparateurs de phase</i> ayant deux signaux actifs			X	
4.2.4	Influence de la fréquence	X			5.2.6.2
4.2.3	Influence de la température et de l'humidité sur l'indication	X			5.4.7.2
4.2.2	<i>Perceptibilité indiscutable</i> : uniquement visuel		X		5.2.5.1.2
	<i>Perceptibilité indiscutable</i> : visuel et sonore			X	5.2.5.2.2
4.4.5	Résistance aux vibrations	X			5.4.4.2
4.4.6	Résistance aux chutes	X			5.4.5.2
4.4.7	Résistance aux chocs	X			5.4.6.2
4.2.7	Fonctionnement du <i>dispositif de contrôle</i>		X		5.2.9.2
4.2.6	sûreté de fonctionnement de l'alimentation	X			5.2.8.2
4.2.1.6	CEM émission CEM immunité	X		X	5.2.3.2
4.2.8	Temps de fonctionnement	X			5.2.10.2
4.5	Marquage: disponibilité et durabilité		X		5.4.1.1 5.4.8
4.4.4	Force de préhension et flèche			X	5.4.2
4.6	Instructions d'emploi (disponibilité)		X		5.4.1.1
4.3.1	Matériaux isolants pour les tubes et les tiges utilisés dans le cas des <i>comparateurs de phase</i> en dispositif complet	X			5.3.1.2
4.3.4	<i>Élément résistif</i>	X			5.2.10.2

Exigences		Type de défauts			Essai
		Critique	Majeur	Mineur	
4.3.6	Courant de circulation	X			5.3.7.2
4.3.7	Boîtier <i>indicateur</i> (propriétés diélectriques)	X			5.3.2 5.3.3 ^a
4.3.8 4.4.3	Isolation du <i>câble de liaison</i>	X			5.3.6.2
4.4.3	Solidité du <i>câble de liaison</i> et des raccordements	X			5.4.3.2
^a Dans le cas de <i>comparateurs de phase</i> de <i>type extérieur</i> , les essais sont réalisés seulement sous conditions sèches. ^b Au stade de la production, il n'est pas nécessaire de réaliser un essai associé à cette exigence. La confirmation de l' <i>indication indiscutable</i> selon le 5.2.2 confirme la performance adéquate du dispositif à donner une indication correcte sous <i>champ perturbateur</i> .					

Annexe E (informative)

Information et guide concernant l'utilisation de la marque limite et d'une allonge d'électrode de contact

E.1 Généralités

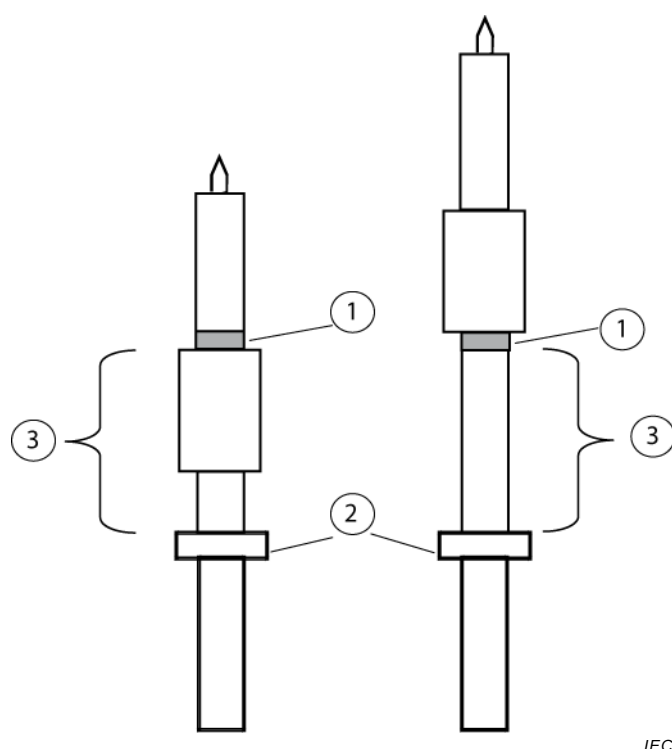
L'Annexe E vise à fournir des informations complémentaires concernant le but et l'utilisation de la *marque limite*, qui est une partie obligatoire d'un *comparateur de phase* en dispositif complet, et de l'*allonge d'électrode de contact* qui est un *accessoire* du *comparateur de phase*.

E.2 Situation lors de l'utilisation d'un comparateur de phase en dispositif complet

Telle que définie à l'Article 3 de la présente norme, la *marque limite* est un emplacement distinctif ou une marque indiquant à l'utilisateur la limite physique jusqu'où le *comparateur de phase* peut être inséré entre les composants sous tension ou qu'il peut les toucher.

Le travailleur qui manipule un *comparateur de phase* en dispositif complet peut compter sur une isolation adéquate grâce à l'*élément isolant*, qui est défini par la distance entre la *marque limite* et le *garde-main* (voir Figure E.1).

La présente norme spécifie une longueur minimale de l'*élément isolant* d'un *comparateur de phase* en dispositif complet (Tableau 2). Un utilisateur peut spécifier une longueur plus grande.



IEC

Légende

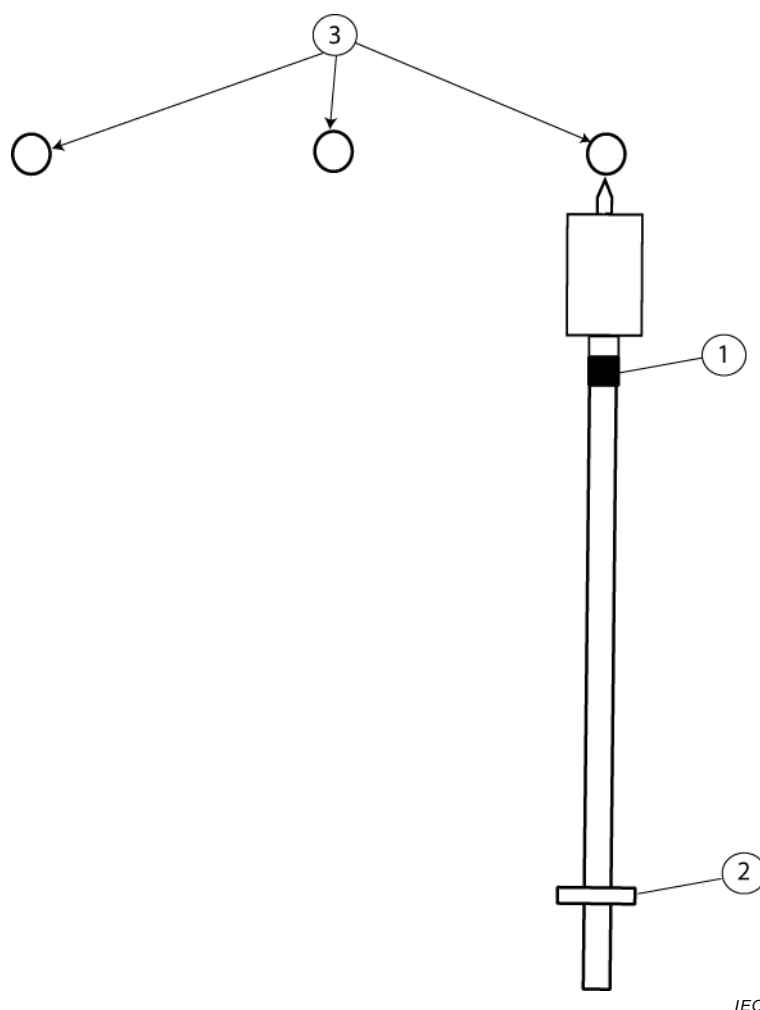
- 1 *marque limite*
- 2 *garde-main*
- 3 *élément isolant*

Figure E.1 – Élément isolant d'une perche de comparaison d'un comparateur de phase en dispositif complet

Il convient que le travailleur qui manipule un *comparateur de phase* à proximité d'une installation électrique s'assure toujours que le dispositif approche des pièces sous tension d'une façon telle que la distance d'isolation entre la *marque limite* et le *garde-main* ne soit pas réduite de façon dangereuse.

La *marque limite* est un moyen physique d'indiquer au travailleur la limite d'insertion du dispositif entre des parties sous tension. Toute pièce sous tension qui fait contact avec le *comparateur de phase*, quel qu'en soit l'emplacement entre la *marque limite* et le *garde-main*, réduira la distance d'isolation.

Lorsque le travailleur positionne le *comparateur de phase* directement en-dessous d'une pièce sous tension, sans aucun obstacle pour les séparer dans l'espace (voir Figure E.2), la *marque limite* n'est pas d'un usage significatif.



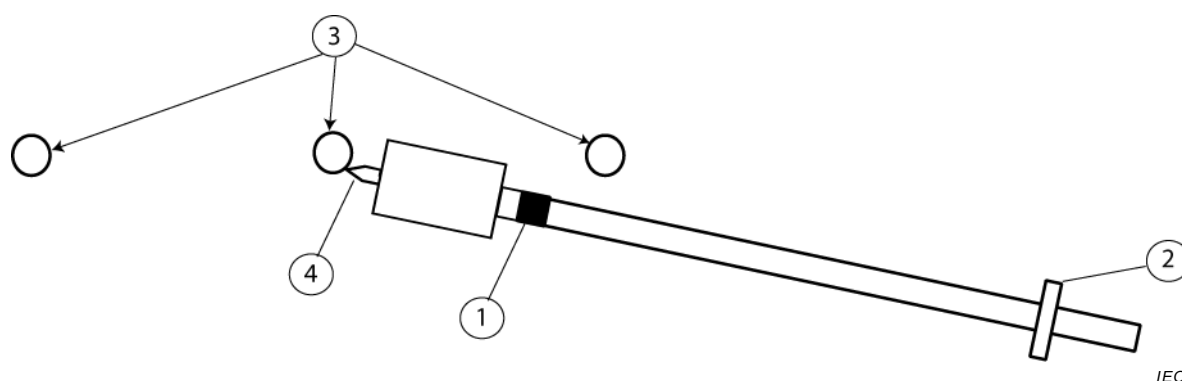
IEC

Légende

- 1 *marque limite*
- 2 *garde-main*
- 3 *pièces sous tension*

Figure E.2 – Exemple du positionnement d'une perche de comparaison d'un comparateur de phase en contact avec une pièce sous tension sans obstacles formés par d'autres pièces sous tension

Cependant dans certaines configurations d'installation, le travailleur peut devoir approcher la pièce sous tension en positionnant le *comparateur de phase* près d'une autre pièce sous tension, au-dessus ou en dessous de celle-ci. Dans une telle situation, introduire la *marque limite* entre les pièces sous tension réduirait la distance d'isolation (voir Figure E.3), une situation à éviter.



Légende

- 1 *marque limite*
- 2 *garde-main*
- 3 *pièces sous tension*
- 4 *électrode de contact*

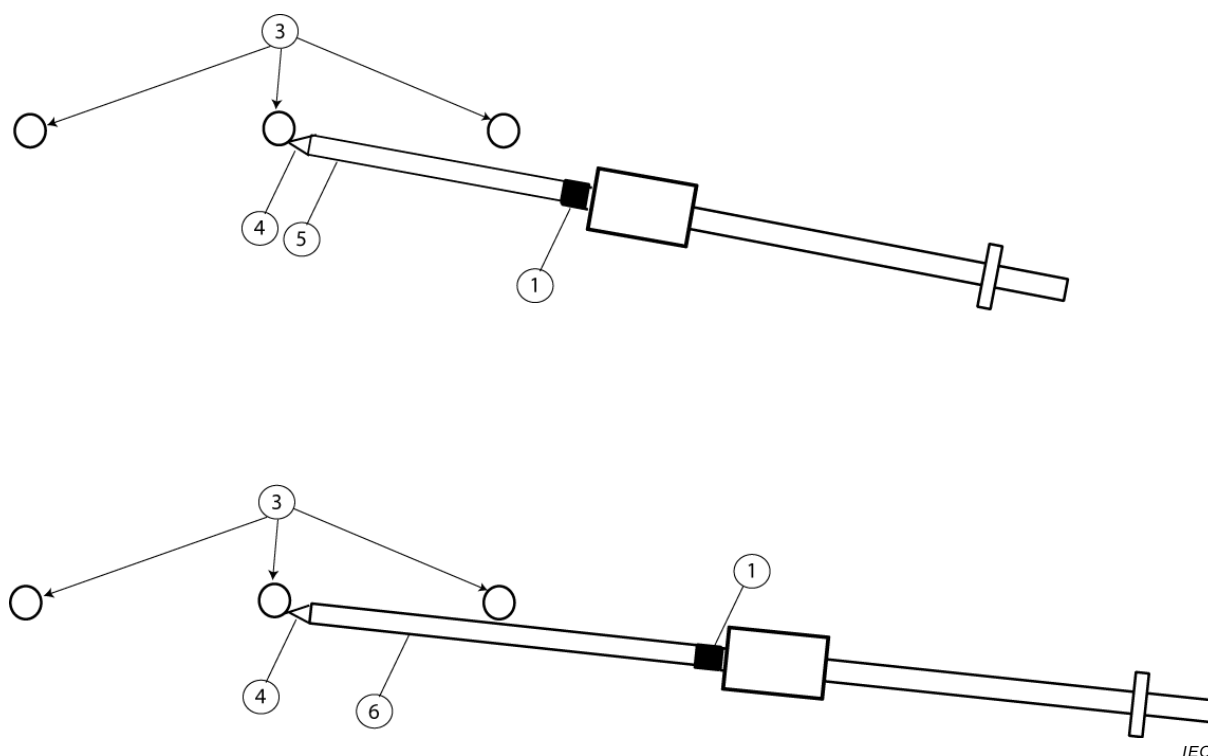
Figure E.3 – Exemple du positionnement incorrect d'une perche de comparaison d'un comparateur de phase avec la marque limite entre deux parties sous tension

Pour éviter une telle situation, il faut allonger la distance entre l'*électrode de contact* et la *marque limite* du *comparateur de phase* de façon telle que cette distance devienne plus grande que les distances communes entre les pièces sous tension pour une tension de service donnée.

Deux façons habituelles de le réaliser sont

- l'utilisation d'une longueur adéquate d'*élément résistif* par le choix approprié du dispositif; ou
- l'utilisation d'une *allonge d'électrode de contact* comme un *accessoire* au *comparateur de phase*.

Les deux façons sont illustrées à la Figure E.4.



Légende

- 1 *marque limite*
- 3 *pièces sous tension*
- 4 *électrode de contact*
- 5 *élément résistif*
- 6 *allonge d'électrode de contact*

Figure E.4 – Façons habituelles de tirer parti de la sélection ou de l'utilisation du comparateur de phase pour maintenir la distance d'isolation entre la marque limite et le garde-main

En ce qui concerne la conception d'une longueur appropriée d'*élément isolant*, le Tableau E.1 fournit les distances minimales recommandées de la *marque limite* à l'*électrode de contact*, identifiées comme la *profondeur d'insertion* (A_i) pour différentes valeurs de *tension nominale*.

Tableau E.1 – Longueurs minimales recommandées de la marque limite à l'électrode de contact (A_i)

U_n kV	A_i mm
$1 < U_n \leq 12$	300
$12 < U_n \leq 24$	450
$24 < U_n \leq 36$	600

NOTE Les valeurs sont choisies en prenant en compte l'extension qui est habituellement nécessaire pour les constructions typiques des réseaux triphasés. Dans certains cas, des longueurs plus importantes peuvent être nécessaires et font l'objet d'une entente entre client et fabricant.

E.3 Situation lors de l'utilisation d'un comparateur de phase en dispositif séparé

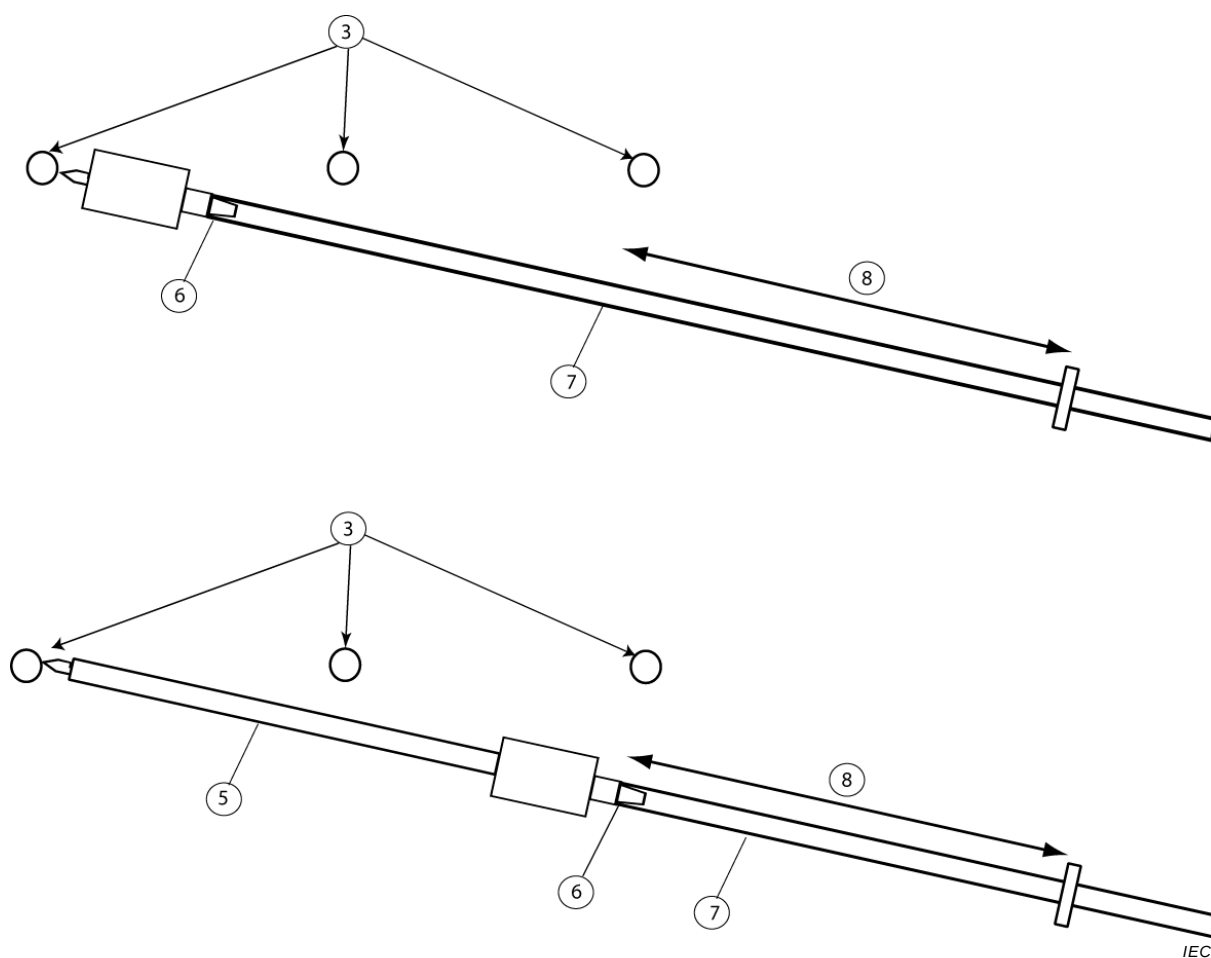
Chacune des perches de comparaison d'un *comparateur de phase* en dispositif séparé est équipée d'un *embout* permettant d'y attacher une *perche isolante*. La *perche isolante* est un outil séparé dont les caractéristiques générales, incluant la longueur, sont la responsabilité de l'utilisateur.

D'une certaine manière, il est possible d'associer l'*embout* d'un *comparateur de phase* en dispositif séparé à la *marque limite* d'un *comparateur de phase* en dispositif complet car l'isolation du travailleur sera assurée par l'*élément isolant* de la *perche isolante* qui correspond à la distance entre l'*embout* et le *garde-main* de la *perche isolante*.

Cependant, bien que l'*élément isolant* d'un *comparateur de phase* en dispositif complet soit d'une longueur fixée par la conception du fabricant, la longueur d'une *perche isolante* et la détermination de la distance entre l'*embout* et le *garde-main* de la perche sont de la responsabilité des utilisateurs et peuvent être influencées par les méthodes de travail.

Lorsque l'utilisateur se trouve dans une position où il doit positionner le *comparateur de phase* entre des pièces sous tension, il peut le faire de deux façons:

- en utilisant une *allonge d'électrode de contact* comme un *accessoire* du *comparateur de phase*,
- en utilisant une *perche isolante* plus longue que la longueur minimale d'isolation vers le *garde-main* qui placerait l'*embout* de la *perche isolante* entre les parties sous tension (voir Figure E.5).



Key

- 3 pièces sous tension
- 5 allonge d'électrode de contact
- 6 embout
- 7 perche isolante d'une longueur appropriée
- 8 longueur minimale de l'isolation (sous la responsabilité des utilisateurs et influencée par les méthodes de travail)

Figure E.5 – Façons habituelles d'utiliser un comparateur de phase en dispositif séparé de façon à assurer l'isolation adéquate du travailleur

Annexe F (informative)

Justifications de la classification des défauts

L'Annexe F fournit le raisonnement ayant conduit à la classification des défauts spécifiée à l'Annexe D. Le Tableau F.1 présente, pour tout nouveau *comparateur de phase*, la justification du type de défaut associé à la conséquence de ne pas satisfaire à chacune des exigences incluses dans la norme.

La présente analyse prend en compte le fait que les *comparateurs de phase* sont utilisés par des personnes formées pour réaliser le travail, conformément à la méthode de travail à distance et aux instructions d'emploi.

Tableau F.1 – Justification pour la classification des défauts

Exigence	Justification pour le défaut associé tel que spécifié à l'Annexe D
Défauts critiques	
Longueur minimale de l' <i>élément isolant</i> (<i>comparateur de phase</i> en dispositif complet)	Une longueur plus courte d' <i>élément isolant</i> peut entraîner une valeur de courant de fuite inacceptable et/ou peut conduire à un claquage durant l'utilisation.
Courant de fuite (<i>comparateur de phase</i> en dispositif complet)	L' <i>élément isolant</i> d'un <i>comparateur de phase</i> en dispositif complet est la protection du travailleur à chaque fois qu'il utilise le dispositif. Dans le cas d'un tout nouveau dispositif, une valeur de courant de fuite supérieure à la limite permise constitue un danger pour le premier utilisateur.
Indication indiscutable de l'état de la relation de phase	Si le <i>comparateur de phase</i> donne une fausse indication (par exemple " <i>Correcte</i> " au lieu de " <i>Incorrecte</i> "), cela peut conduire à une situation dangereuse.
Effet des <i>champs perturbateurs</i> (indication continue)	Si le <i>comparateur de phase</i> donne une fausse indication (par exemple " <i>Correcte</i> " au lieu de " <i>Incorrecte</i> "), cela peut conduire à une situation dangereuse.
Electromagnétique – Immunité	Si le <i>comparateur de phase</i> ne satisfait pas aux exigences d'immunité, il peut donner de fausses indications.
Influence de la température et de l'humidité sur l'indication	Si le <i>comparateur de phase</i> ne fonctionne pas de façon adéquate dans sa plage de températures, il pourrait donner une fausse indication et conduire à une situation dangereuse pour le travailleur.
Influence de la fréquence	Si le <i>comparateur de phase</i> ne fonctionne pas de façon adéquate dans sa plage de fréquences, il peut donner une fausse indication et conduire à une situation dangereuse pour le travailleur.
<i>Temps de réponse</i> seulement pour les <i>comparateurs de phase</i> avec un seul <i>signal actif</i>	Si, pour une raison quelconque, le <i>temps de réponse</i> dépasse 1 s, le travailleur pourrait conclure que la non-réponse constitue en fait une indication. Cela pourrait conduire à une situation dangereuse pour le travailleur.
Sûreté de fonctionnement de l'alimentation	Le but de cette exigence est de s'assurer que le <i>comparateur de phase</i> donnera des indications correctes jusqu'à ce que sa source d'alimentation intégrée soit épuisée. Dans le cas contraire, il pourrait donner une fausse indication et conduire à une situation dangereuse.
Matériaux isolants pour tubes et tiges du <i>comparateur de phase</i> en dispositif complet	La bonne performance diélectrique des matériaux isolants des tubes et des tiges utilisés pour les dispositifs complets assure la sécurité du travailleur lors de chaque utilisation.
Protection contre le contournement	L'utilisateur serait en danger si le <i>comparateur de phase</i> venait à initier un défaut entre deux pièces à des potentiels différents. Il va sans dire que les utilisateurs ne seraient pas dans la trajectoire directe de l'arc mais ils pourraient être suffisamment près pour souffrir des conséquences de l'arc.

Exigence	Justification pour le défaut associé tel que spécifié à l'Annexe D
Défauts critiques (suite)	
Elément résistif	Si les résistances ne sont pas dimensionnées pour supporter la tension et l'énergie de façon adéquate, ceci peut conduire à une situation dangereuse (par exemple, amorcer un défaut entre deux phases) ou donner une fausse indication (par exemple, "Relation de phase correcte" dans un cas de circuit ouvert).
Courant de circulation en cas de mauvais usage	Si le courant n'est pas limité à 3,5 mA, cela pourrait conduire à une situation dangereuse en cas de mauvais usage.
Boîtier de l' <i>indicateur</i>	Si la taille et les matériaux du boîtier <i>indicateur</i> ne sont pas dimensionnés pour supporter la tension et l'énergie de façon adéquate, cela peut conduire à une situation dangereuse.
Isolation du <i>câble de liaison</i>	Si l'isolation du câble n'est pas assurée, cela pourrait conduire à une situation dangereuse pour les travailleurs. Par exemple: Dans le cas d'une mauvaise isolation le long d'un <i>câble de liaison</i> qui fait contact avec des parties de l'installation à des potentiels différents, il y a possibilité de court-circuit.
Marquage – exactitude	Un marquage inexact, par exemple une mauvaise <i>tension nominale</i> ou une mauvaise classe d'opération, pourrait conduire à une situation dangereuse.
Temps de fonctionnement	Si le <i>comparateur de phase</i> ne respecte pas le temps de fonctionnement, cela pourrait entraîner un court-circuit (exemple: défaillance d'une résistance) et peut conduire à une situation dangereuse.
Courant de circulation en cas de défaut du <i>câble de liaison</i>	En cas de défaut du <i>câble de liaison</i> , un courant supérieur à 3,5 mA pourrait conduire à une situation dangereuse.
Solidité du <i>câble de liaison</i> et des raccordements	En cas de défaut du <i>câble de liaison</i> , cela peut donner lieu à une indication incorrecte et entraîner une situation dangereuse.
Résistance aux vibrations	Si un dispositif neuf n'a pas une résistance adéquate aux chutes, aux chocs et aux vibrations, cela peut causer un défaut interne, lequel peut conduire à une situation dangereuse.
Résistance aux chutes	
Résistance aux chocs	
Défauts majeurs	
<i>Perceptibilité indiscutable</i> : uniquement visuelle	Si le travailleur ne peut pas voir l'indication visuelle, le travailleur ne peut pas arriver à une conclusion.
Dispositif de contrôle (non fonctionnement)	Si le <i>dispositif de contrôle</i> ne fonctionne pas, le travailleur le remarquera lors de l'utilisation. Cela résulte dans la non disponibilité du <i>comparateur de phase</i> .
Instructions d'emploi	Un <i>comparateur de phase</i> sans ses instructions d'emploi est un produit incomplet qu'il convient de ne pas utiliser.
Protection contre l'amorçage	Si un <i>comparateur de phase</i> ne respecte pas cette exigence certains de ses éléments pourraient être détruits. Le dispositif ne fonctionne plus, ce qui réduit de façon significative son utilité.
Marquage: disponibilité et durabilité	Si le marquage n'est pas disponible ou est dégradé, le travailleur n'utilisera pas le <i>comparateur de phase</i> .
Défauts mineurs	
Electromagnétique – émission	Si le <i>comparateur de phase</i> ne satisfait pas aux exigences d'émission, il influencera peut-être des dispositifs environnants mais il ne sera pas lui-même affecté.
<i>Perceptibilité indiscutable</i> : visuelle et sonore	Il est admis qu'un <i>signal actif</i> est toujours disponible et que l'opérateur peut arriver à une conclusion. Ceci n'affecte pas de façon significative le fonctionnement du dispositif.

Exigence	Justification pour le défaut associé tel que spécifié à l'Annexe D
Défauts mineurs (suite)	
<i>Temps de réponse des comparateurs de phase</i> avec deux signaux actifs	Pour ces types de <i>comparateurs de phase</i> , le travailleur ne peut jamais conclure que la "non-réponse" constitue en fait une indication (le travailleur ne pourra conclure que lorsque le dispositif fournira sa réponse). Il n'y a pas de mauvaise interprétation.
Force de préhension et flèche	Même lorsque les exigences de force de préhension et flèche ne sont pas satisfaites, l'utilité du produit n'est pas réduite de façon significative.

Annexe G (informative)

Précautions d'emploi

Il convient de réaliser des *essais de maintenance* périodiquement sur les *comparateurs de phase* pour vérifier, et le cas échéant effectuer certains réglages pour assurer que leurs performances demeurent dans les limites spécifiées.

Il est de la responsabilité de l'utilisateur d'élaborer un programme de maintenance basé sur des règlements nationaux, sur les instructions du fabricant et sur les conditions d'utilisation (stockage, entretien courant, etc.). Cependant, aucun *comparateur de phase*, même ceux en stockage, ne devrait être utilisé sans avoir subi des essais de vérification au cours d'une période maximale de 6 ans.

Il est recommandé que la maintenance périodique soit réalisée au sein d'une structure d'essai compétente.

Il convient de faire une inspection visuelle à tout moment, avant l'utilisation d'un *comparateur de phase*. S'il y a un doute sur le bon état du dispositif n'est pas en bon état, il convient de l'exclure de toute utilisation ultérieure, puis de le retourner au fabricant pour réparation ou mise au rebut.

Le Tableau G.1 donne la liste des essais qui vérifient l'intégrité physique, le fonctionnement et la performance isolante des *comparateurs de phase*. Un ordre chronologique de réalisation des essais est aussi recommandé. Dans le cas des *comparateurs de phase* en dispositif séparé, il convient que la *perche isolante* à utiliser soit couverte par une norme IEC, une norme locale, nationale, régionale ou d'entreprise.

Tableau G.1 – Essai en service

Ordre chronologique	Désignation	Paragraphes
1	Contrôle visuel et dimensionnel	5.4.1
2	Vérification du <i>dispositif de contrôle</i> ^a	5.2.9.2
3	Courant de fuite sous conditions sèches ^b	5.3.5.2
4	<i>Protection contre le contournement</i> pour un <i>comparateur de phase</i> de type <i>intérieur/extérieur</i> ^c	5.3.2
5	Résistance à l'amorçage ^d	5.3.4
6	<i>Indication indiscutable</i>	5.2.2
7	<i>Perceptibilité indiscutable</i> de l'indication visuelle ^e	5.2.5.1
7	<i>Perceptibilité indiscutable</i> de l'indication sonore ^e	5.2.5.2

^a La vérification des circuits électriques pour déterminer si tous les circuits sont soumis aux essais n'est pas nécessaire.

^b Lorsque l'essai est réalisé comme essai périodique, le courant de fuite admissible pourrait être plus élevé que celui spécifié en 5.3.5 mais il convient qu'il ne dépasse pas 200 μ A.

^c Sous conditions sèches seulement.

^d Pour des raisons pratiques, cet essai peut être effectué conjointement avec l'essai de *protection contre le contournement* (numéro 5 de la liste chronologique). La durée de l'essai de résistance à l'amorçage est au moins de 5 s.

^e Il est possible de faire la comparaison avec un *comparateur de phase* de référence de même conception. Les essais de *perceptibilité indiscutable* peuvent aussi être combinés avec d'autres essais précédents de la liste.

En fonction de la conception du *comparateur de phase* et son procédé de fabrication, le fabricant peut spécifier des essais complémentaires relatifs à des composants particuliers ou des caractéristiques spécifiques. Il convient que ces essais spécifiques soient notés dans les instructions d'emploi.

Bibliographie

IEC 60038, *Tensions normales de la CEI*

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Electronique International* (disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org>)

IEC 60050-651:2014, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 651: Travaux sous tension*

IEC 60071-1:2006, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

IEC 60743:2013, *Travaux sous tension – Terminologie pour l'outillage, le matériel et les dispositifs*

IEC 60855-1:2009, *Travaux sous tension – Tubes isolants remplis de mousse et tiges isolantes – Partie 1: Tubes et tiges de section circulaire*

IEC 61000-2-1, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2: Environnement – Section 1: Description de l'environnement – Environnement électromagnétique pour les perturbations conduites basse fréquence et la transmission de signaux sur les réseaux publics d'alimentation*

IEC 61235:1993, *Travaux sous tension – Tubes creux isolants pour travaux électriques*

IEC 61936-1:2010, *Installations électriques en courant alternatif de puissance supérieure à 1 kV – Partie 1: Règles communes*

ISO/IEC 17025, *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais*

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch